G. DOCKIER – L. THUNUS – J. VAES

cours de

TECHNOLOGIE

Ajustage – Machines-outils

LIVRE III

EDITIONS PLANTYN S.A. - ANVERS

L. THUNUS - J. VAES - G. DOCKIER

COURS DE TECHNOLOGIE

AJUSTAGE - MACHINES-OUTILS

LIVRE III

TROISIEME EDITION

1968

EDITIONS PLANTYN S.A. — ANVERS

ORIGINE DES ILLUSTRATIONS

BAUTERS : 248 - 289.

BODSON : 14 - 15 - 16 - 17 - 19 - 21 - 23 - 24 - 25 - 26 - 28 - 32 - 35 - 107 - 120 - 164 - 165 - 166 - 167 - 168 - 169 - 170 - 171 - 172 - 175 - 176 - 177 - 178 - 183 - 186 - 214 - 215 - 247 - 334.

BRITTE : 1 - 4 - 20 - 29 - 30 - 31 - 34 - 38 - 39 - 40 - 41 - 42 - 43 - 44 - 45 - 46 - 47 - 48 - 174 - 179.

BRUGGEMAN : 76 - 153 - 155.

BUHLMANN : 74 - 114 - 156 - 159.

DAHINDEN : 3 - 18 - 22 - 27 - 333.

DOMANSKI : 64 - 203.

KLOPP : 73 - 75 - 99 - 106 - 108 - 110 - 111 - 113 - 115 - 122 - 124 - 154.

LUTHI : 81 - 229 - 230.

MATHEYS : 160 - 162 - 163 - 180 - 181.

MONDIALE : 185 - 187 - 188 - 189 - 191 - 192 - 193 - 195 - 197 - 199 - 201 - 202 - 205 - 206 - 216 - 218 - 246 - 250 - 253 - 254 - 255 - 256 - 257 - 258 - 259 - 260 - 262 - 263 - 294 - 295 - 296 - 299 - 301 - 324.

PEGARD : 116 - 126.

SANDVICK : 243 - 244.

SHEFFIELD : 62 - 66 - 79 - 211 - 292.

TAILLET : 183 - 194 - 198 - 221 - 223 - 224 - 227 - 251 - 252 - 261 - 271 - 288.

VAN DER RIJN : 80.

© *Copyright Editions PLANTYN, s.a. - Anvers.*

Cet ouvrage ne peut être reproduit, même partiellement, par quelque moyen que ce soit (calque, photocopie, microfilm ou tout autre procédé) sans une autorisation écrite de l'éditeur.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means, without written permission from the publisher.

AVANT-PROPOS

Les outils de coupe, le rabotage, le tournage, parties principales du manuel sont des matières sur lesquelles existent bien des traités, et des plus complets.

Pour le professeur dont les heures de cours sont comptées, il s'agit de tirer de ces matières l'„essence", dont la compréhension sera l'origine de l'efficience technique des élèves. En cela, les heures consacrées aux travaux pratiques lui sont d'un heureux appoint : une progression bien choisie des difficultés pratiques rencontrées par l'élève dans ses travaux d'atelier permettra au professeur de planter des jalons.

Dans sa simplicité la plus élémentaire, le cours de technologie consiste alors à grouper les jalons de même couleur et à tracer entre eux la ligne d'attache. Evidemment, il est des notions inconnues qu'il faudra aborder, puis développer durant les cours ; d'autres, par contre, déjà appliquées lors des leçons d'atelier qu'il suffira d'approfondir. Là, les leçons de technologie seront le complément indispensable à la formation des élèves.

Notre intention est de proposer à nos collègues une liaison entre les différentes matières, pour le développement desquelles nous avons essayé de respecter un ordre purement logique, d'où, parfois, l'aspect inhabituel de ce manuel.

Ses cinq parties sont divisées en chapitres, eux-mêmes scindés le plus souvent en groupes de leçons. Nous n'avons pas voulu priver le professeur de sa liberté de choisir la matière de chaque leçon : selon l'importance qu'il attribue à l'une ou l'autre matière ou selon la facilité de réception de sa classe ; tout ceci afin que les essais exécutés à l'atelier, les leçons d'observation et celles de synthèse générale puissent aussi trouver une place suffisante dans un cadre que nous avons voulu large.

Nous tenons à remercier les collègues qui nous ont fait le grand plaisir d'émettre loyalement quelques critiques ; l'examen de leurs avis nous a, nous l'espérons, permis d'améliorer le manuel. Nous remercions particulièrement notre Inspecteur dont les suggestions nous furent d'un précieux appoint. A ces diverses personnalités, nous associons les firmes grâce auxquelles l'abondante illustration du manuel a pu être rassemblée et imprimée.

Nous accepterons bien volontiers les remarques et suggestions que nos collègues voudront bien nous faire.

Puisse cet ouvrage apporter sa modeste contribution à l'enseignement de la technologie ; c'est le vœu que nous formulons.

Liège, octobre 1961 — Les auteurs

A l'occasion de sa seconde édition, le manuel a reçu certaines modifications ; les unes, mineures, comme la suppression de la numérotation des leçons, quelques corrections ; d'autres plus importantes, pour répondre aux vœux de plusieurs collègues

Ces dernières sont constituées assez souvent de développements plus amples de notions abordées superficiellement dans la première édition (les instruments de contrôle, le mortaisage, la commande hydraulique des étaux-limeurs) ou de matières nouvelles (les calibres, les niveaux).

Nous remercions bien sincèrement les collègues dont les remarques nous ont permis, nous l'espérons, de perfectionner ce manuel.

Liège, juillet 1965 — Les auteurs

3ème édition, mars 1968.

TABLE DES MATIERES

page

I - Les instruments de mesure

6 - Le micromètre d'extérieur
9 - Le micromètre d'intérieur
11 - Le micromètre de profondeur
11 - Les cales étalons
13 - Les calibres

II - Les outils coupants

1 Généralités
18 - Matières
19 - Forme

2 Les facteurs de coupe
22 - Vitesse de coupe
25 - Avance
26 - Profondeur de passe
27 - Calcul du temps d'usinage

III - Le rabotage

30 - **1 Généralités**

2 L'outil
32 - Constitution
33 - Forme générale
34 - Angles caractéristiques
35 - Représentation conventionnelle
35 - Formes
36 - Sens d'avance
36 - Fixation
38 - Déplacement de l'outil
41 - Commande hydraulique de l'outil

3 La pièce
44 - Vue d'ensemble
44 - La table
45 - Fixation des pièces
46 - Déplacement de la pièce

4 Les possibilités de la machine
48 - Remarque générale
49 - Rabotage des volumes réguliers
50 - Rabotage des surfaces obliques
51 - Rainurage

page

5 Le mortaisage
53 - Généralités
53 - L'outil
54 - La pièce
54 - Les possibilités de la machine

56 - **6 Le contrôle de la machine**

7 Instruments de contrôle
58 - Le niveau à bulle
58 - Le comparateur

IV - Le tournage

64 - **1 Généralités**

2 La pièce
66 - Vue d'ensemble
66 - Les changements de vitesse
69 - La broche
69 - Les organes de fixation
73 - Montage en l'air, montage entre pointes
76 - Montage mixte
77 - Les lunettes

3 L'outil
79 - Constitution
79 - Forme générale
80 - Angles caractéristiques
81 - Représentation conventionnelle
82 - Sens de coupe, sens d'avance
82 - Lubrification
83 - Formes
83 - Fixation
84 - Déplacement
87 - Le banc

4 Les possibilités de la machine
88 - Le tournage en l'air
91 - Le cylindre entre pointes
92 - Le tournage conique
96 - Le filetage
104 - Mesures des filetages

108 - Le contrôle de la machine

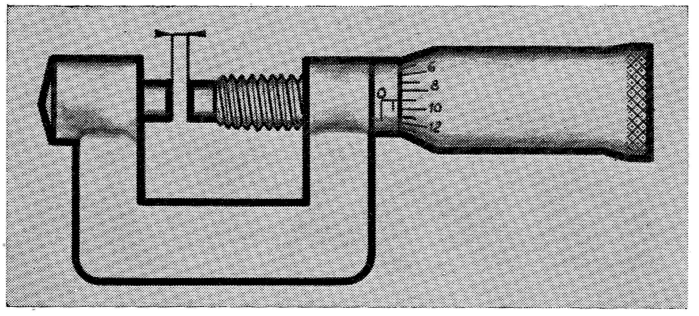
LES INSTRUMENTS DE MESURE

Comme il est très difficile d'obtenir des mesures précises au pied à coulisse, on a cherché à créer des instruments de mesure basés sur d'autres principes.
La relation entre la rotation et l'avancement d'une vis par rapport à son écrou a séduit les chercheurs ; partant de ce principe, ils ont établi des instruments de mesure dont le plus usité est le micromètre d'extérieur.

I. LE MICROMÈTRE D'EXTÉRIEUR

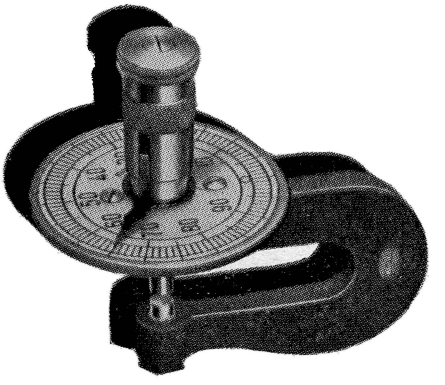
A. PRINCIPE

Mesurer la distance entre une vis et une butée fixée à l'écrou (fig. 2).



2

Le pas du filet sert à l'estimation de la longueur mesurée; celle-ci est donc d'abord exprimée en tours et fractions de tour de la vis, puis convertie en mm par l'intermédiaire du pas.



3

Le micromètre de lamineur (fig. 3) est une application très expressive de ce principe.

B. DESCRIPTION

Le micromètre comprend deux parties principales (fig. 4) :

1. la vis,
2. l'écrou.

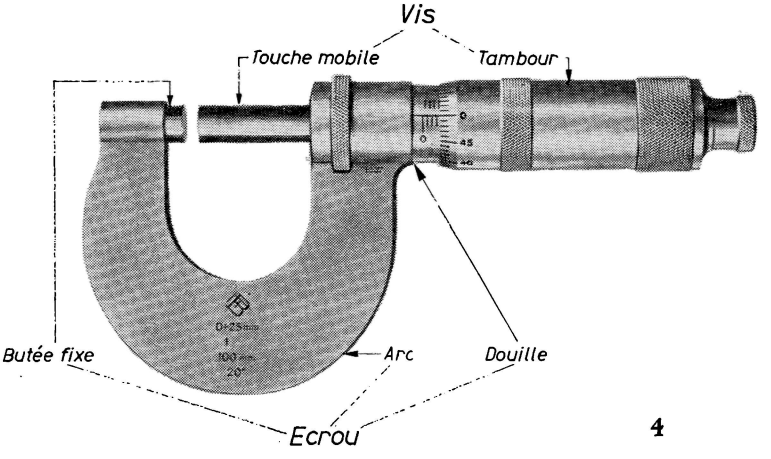
1. La vis

Elle consiste en une tige filetée à un pas déterminé (souvent 0,5 mm), fixée à un tambour creux qui peut se chausser sur la douille.
Des graduations (souvent 50) sont tracées sur la partie conique à l'avant du tambour.

2. L'écrou

Il est constitué par une douille taraudée fixée à un arc, lequel porte une butée fixe située dans l'axe du filet.
Sur cette douille, on remarque :
— un trait longitudinal,
— des graduations millimétriques, décalées le plus souvent de 0,5 mm.

La pièce à mesurer est placée entre la vis et la butée fixée à l'arc. Connaissant la position de la vis au moment où elle touche la butée fixe, il est possible d'estimer la dimension mesurée de la pièce, d'abord en tours et fraction de tour de la vis, puis, par l'intermédiaire du pas, en mm et fraction de mm.



4

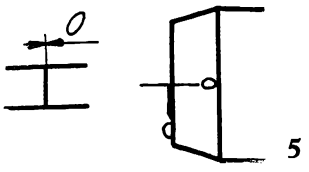
C. LECTURE

1. Lecture des mm et 1/2 mm

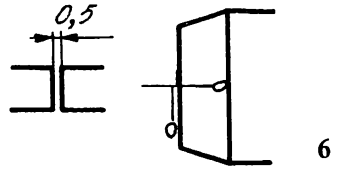
Quand l'extrémité de la vis ou touche mobile est en contact avec la touche fixe (écart 0 mm), les graduations se situent comme le montre la figure 5 :

— le bord du tambour coïncide avec le trait 0 de la douille.

— le trait 0 du tambour correspond au trait longitudinal de la douille.



5



6

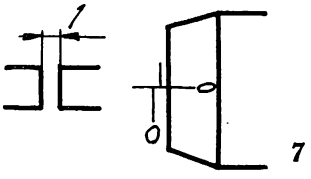
Le pas du filet étant 0,5 mm, à une rotation d'un tour de la vis correspond un écart de 0,5 mm entre les touches. Les graduations se trouvent alors comme le montre la figure 6 :

— le bord du tambour coïncide avec le premier trait de la douille après le 0 ;

— le trait 0 du tambour correspond au trait longitudinal de la douille.

Après deux tours de vis, l'écart entre les touches vaut 1 mm (0,5 × 2).

Dans cette position (fig. 7) :



7

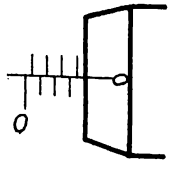
— le bord du tambour coïncide avec le trait 1 de la douille ;

— le trait 0 du tambour correspond au trait longitudinal de la douille.

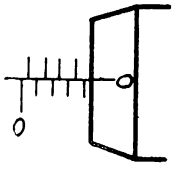
Conclusion

Les graduations millimétriques de la douille servent à compter le nombre de tours complets de la vis, et le trait 0 du tambour à estimer la rotation de la vis.

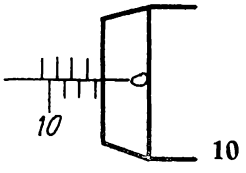
Exemples de lecture de mm et 1/2 mm (fig. 8, 9 et 10)



8



9



10

2. Lecture des fractions de mm

Sur le tambour, on trouve 50 graduations quand le pas est 0,5 mm. Que signifie cette division ?

Il est évident que ces graduations servent à évaluer les fractions de tour de la vis ; fractions exprimées en 1/50, puisqu'il y a 50 graduations.

Or, à une rotation de la vis, aussi minime soit-elle, correspond un déplacement longitudinal proportionnel. Si, à une rotation de 1 tour de la vis, équivaut un déplacement longitudinal égal au pas, à une rotation de 1/50 de tour de la vis correspond un déplacement longitudinal de 1/50 de pas.

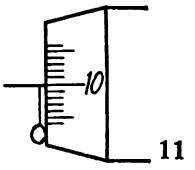
Dans le cas courant, le pas étant 0,5 mm, 1/50 du pas vaut 0,01 mm. Donc, à une rotation de la vis de 1 graduation correspond un déplacement longitudinal de 0,01 mm.

Exemple

Les graduations se situent dans la position dessinée à la figure 11.

Pour arriver à cette position, le tambour a tourné d'une fraction de tour égale à 10 fois 1/50 de tour.

A cette rotation correspond un déplacement longitudinal de 10 fois 0,01 mm, donc l'écart entre les touches est augmenté de 0,10 mm.



11

Conclusion

Les graduations du tambour servent à estimer les fractions de tour de la vis et, par conséquent, les écarts correspondants entre les touches ; écarts exprimés, dans le cas courant, en 0,01 mm.

Lecture

La lecture au micromètre s'effectue en deux phases :

— estimation des mm et 1/2 mm,

— estimation des fractions de mm.

La somme des valeurs relevées donne la mesure de la pièce.

Exemples

1. Les graduations se situent comme représenté à la figure 12.

Lecture

1. mm et 1/2 mm

Le bord du tambour se situe entre le trait 2 et le trait 2,5.

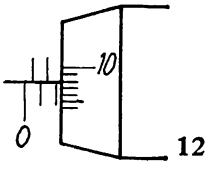
2. fraction de mm

Le trait 8 du tambour correspond au trait longitudinal de la douille.

Mesure 1° 2

2° — 0,08 d'où 2,08 mm.

2. Autre position des graduations (fig. 13).



12

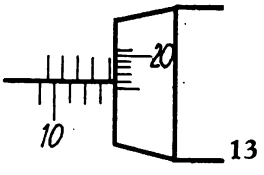
Lecture

1. mm et 1/2 mm

Bord du tambour entre 13,5 et 14.

2. fraction de mm

Trait de la douille en face du 16 du tambour.



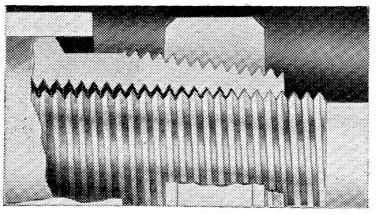
13

Mesure 1° — 13,5

2° — 0,16 d'où 13,66 mm.

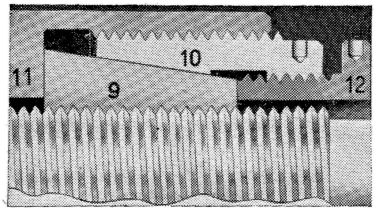
D. ACCESSOIRES

1. La précision des lectures dépend, en grande partie, de la précision du filet. Or, après un certain temps d'utilisation, l'usure se manifeste par un jeu entre la vis et l'écrou.

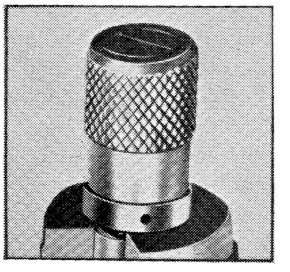


14

Un **dispositif de rattrapage de jeu** est monté sur l'écrou ; il peut être du type ordinaire (illustration 14) ou d'un type plus perfectionné, dont une version est donnée à la figure 15.



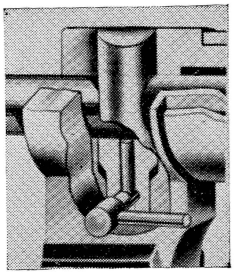
15

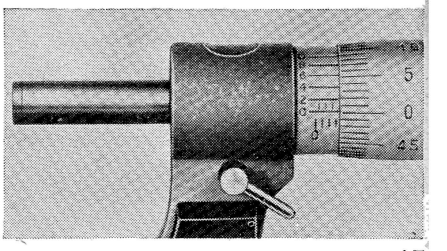


16

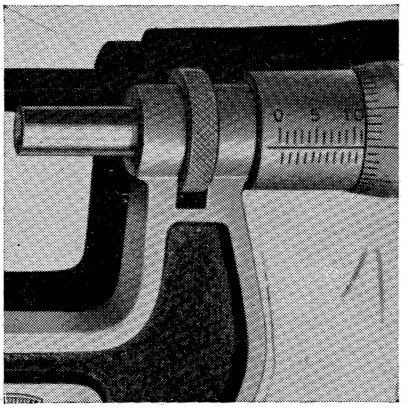
2. Au moyen d'une vis, il est possible d'exercer des efforts très importants. Or, cela n'est souhaitable ni pour la précision de mesure ni pour la conservation de l'instrument.
   Afin de réduire l'effort de mesure, on a donc adjoint un **dispositif de limitation :** système à rochet ou à friction (fig. 16).
3. Il est parfois utile de caler la vis dans une position déterminée.
   A cet effet, un **dispositif de blocage** est prévu à l'extrémité de l'arc du côté de la douille.

Les dispositifs utilisés sont divers et dépendent des constructeurs (fig. 17 et 18).



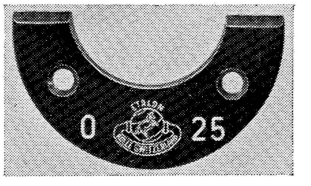


17



18

4. Parfois, pour éviter l'échauffement — donc la dilatation — de l'arc par l'utilisateur, des plaques isolantes y sont fixées (fig. 19).



19

E. MATIÈRES

L'instrument est, très souvent, entièrement réalisé en acier de très bonne qualité ; certaines parties sont trempées (vis - touches - écrou) ; parfois l'écrou est en bronze. Sur les micromètres de précision, les touches sont en carbure métallique.

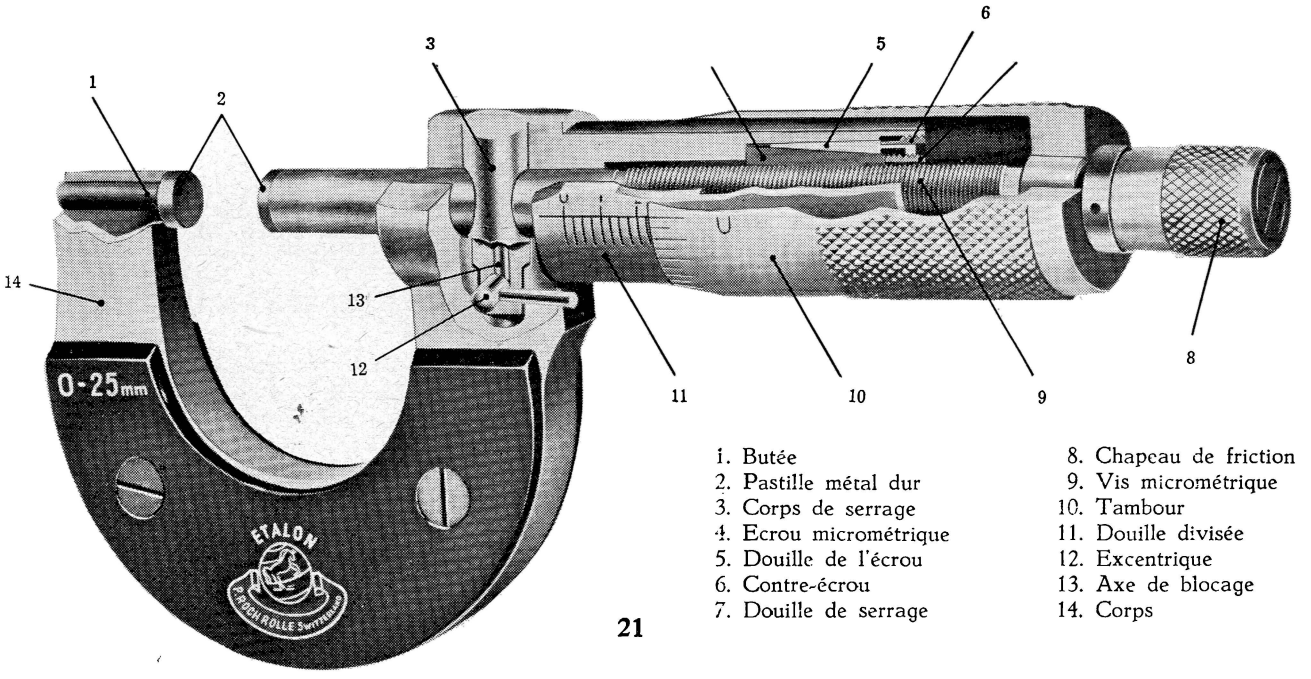
20

F. UTILISATION

L'utilisation et l'entretien sont liés à la précision de l'instrument. Il importe de le protéger contre tout ce qui pourrait nuire à son parfait fonctionnement.

Un pied de fixation est parfois employé pour faciliter les mesures (fig. 20).

La gravure 21 illustre, en synthèse, la matière développée plus avant.

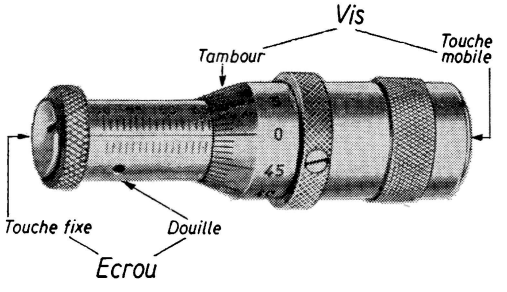


21

1. Butée
2. Pastille métal dur
3. Corps de serrage
4. Ecrou micrométrique
5. Douille de l'écrou
6. Contre-écrou
7. Douille de serrage
8. Chapeau de friction
9. Vis micrométrique
10. Tambour
11. Douille divisée
12. Excentrique
13. Axe de blocage
14. Corps

II. LE MICROMÈTRE D'INTÉRIEUR

Par rapport au micromètre d'extérieur, le micromètre d'intérieur est très simplifié du fait de son lieu d'utilisation, bien que basé sur le même principe (fig. 22).

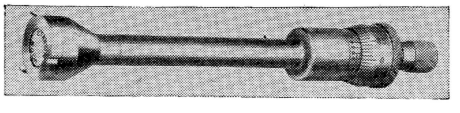


22

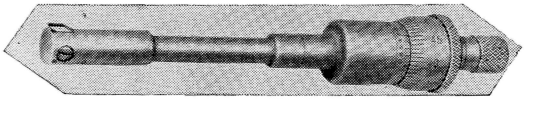
On trouve donc une vis micrométrique avec un tambour et un écrou dans une douille graduée.
Les touches se trouvent, l'une à l'extrémité du tambour, l'autre à l'extrémité de la douille.
La lecture s'effectue de la même façon qu'au micromètre d'extérieur.
On appelle aussi le micromètre d'intérieur : **„jauge d'intérieur micrométrique".**

Remarque

Etant donné l'encombrement de l'instrument, les mesures ne sont réalisables qu'à partir d'une certaine valeur.



23

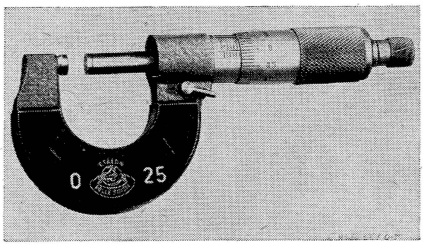


24

Des instruments ont été créés pour réduire la dimension minimum ; ils sont de types divers, mais tous basés sur le principe **„vis-écrou"** (fig. 23 et 24).

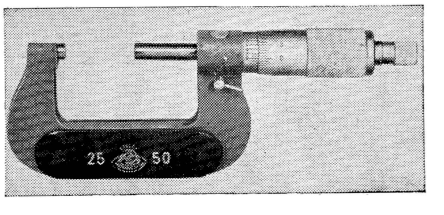
Remarques générales

1. La vis est la partie délicate à fabriquer. Pour en réduire les difficultés de fabrication, sa longueur a été limitée à 25 mm.



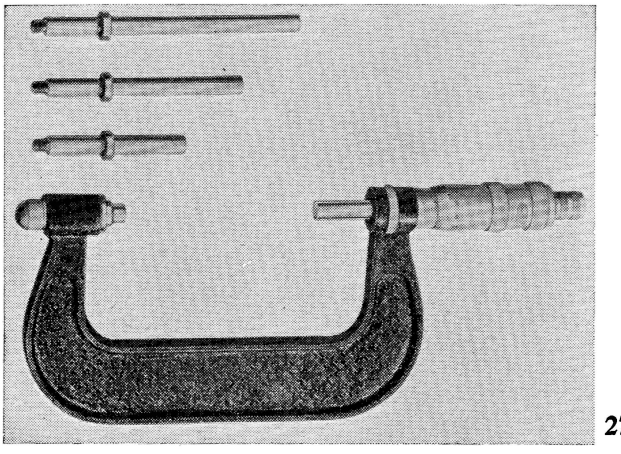
25

On trouve donc :
a. pour les micromètres d'extérieur :
— un micromètre pour mesurer de 0 à 25 mm (fig. 25) ;
— un micromètre pour les mesures comprises entre 25 et 50 mm (fig. 26), etc...



26

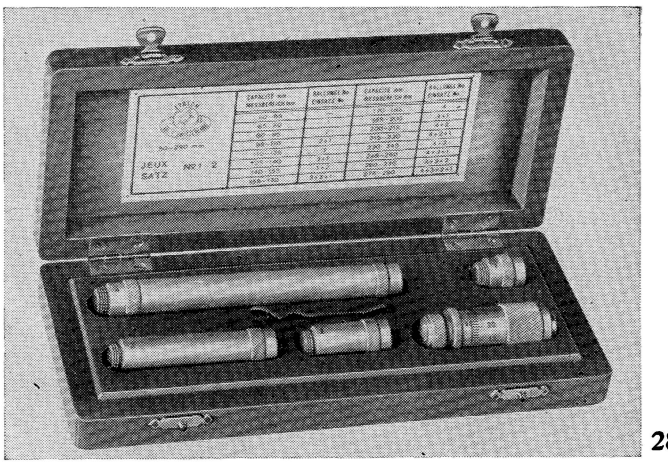
Sur les micromètres à grande capacité, on peut fixer des allonges du côté de la butée fixe, allonges d'une longueur multiple de 25 mm, qui augmentent la gamme des lectures possibles (fig. 27).



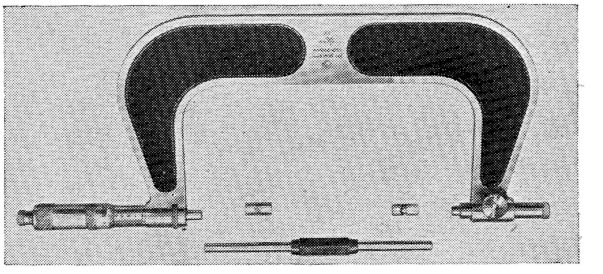
27

b. pour les micromètres d'intérieur.
Des allonges sont prévues, à fixer sur la douille, suivant le diamètre à mesurer (fig. 28).

2. Le micromètre 0-25 mis à part, la vérification des micromètres se pratique au moyen de jauges de réglage d'une longueur multiple de 25 mm : 25 mm pour le 25-50, 50 mm pour le 50-75, etc. (fig. 29). Quand la jauge de réglage fait défaut, on peut se servir d'une cale étalon de longueur voulue.



28

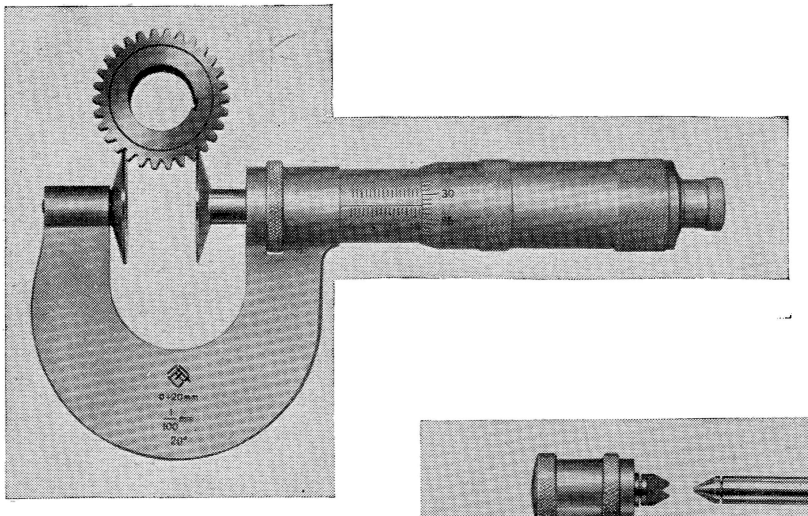


29

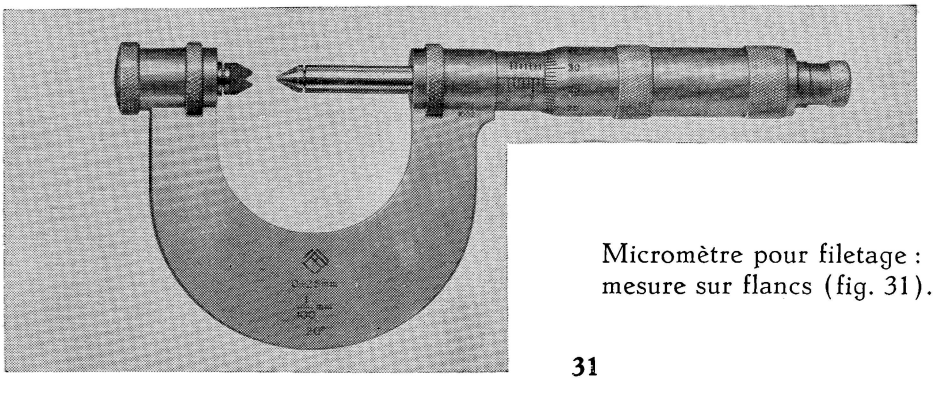
3. A côté de ces micromètres classiques, des instruments spéciaux existent, employés dans des cas bien particuliers.

Exemples

Micromètre à plateaux pour engrenages (fig. 30).



30

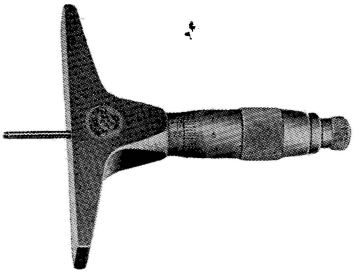


Micromètre pour filetage : mesure sur flancs (fig. 31).

31

III. LE MICROMÈTRE DE PROFONDEUR

L'application du principe „vis-écrou" aux instruments de mesure présente de multiples avantages tant au point de vue de la précision des mesures qu'à celui de l'exactitude de la répétition de ces dernières et de la conservation de l'instrument. Aussi est-il normal de retrouver ce principe sur de nombreux instruments et appareils. Bien que les micromètres — d'extérieur et d'intérieur — se rencontrent le plus souvent, il existe d'autres instruments comme, par exemple, le micromètre de profondeur ou pied de profondeur micrométrique (fig. 32).

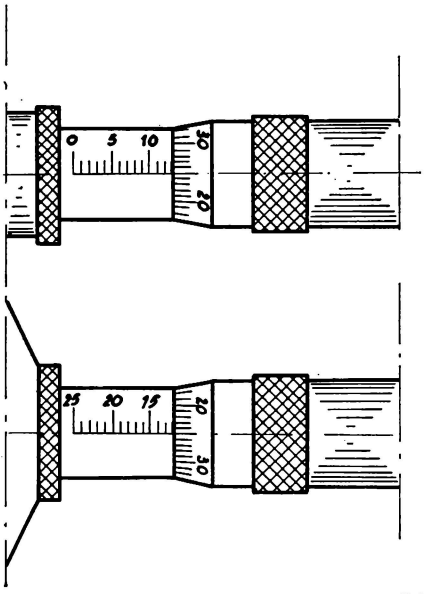


32

Tout comme le pied de profondeur habituel est construit suivant le principe de Vernier, le principe du micromètre apparaît dans le pied de profondeur micrométrique. La lecture d'une dimension s'effectue d'ailleurs de la même manière qu'au micromètre.
Quelques remarques cependant doivent être formulées.

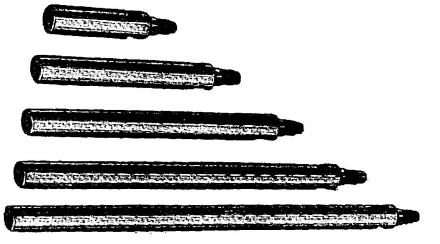
1. Etant donné la fonction à laquelle est destiné le micromètre de profondeur, la graduation millimétrique longitudinale est orientée à l'inverse de celle du micromètre (fig. 33). Comme d'ailleurs la graduation du tambour.

2. Il est plus facile d'étendre la gamme de mesure du micromètre de profondeur. Ce n'est, dans ce cas.



33

qu'une simple opération de montage. L'instrument est fourni avec plusieurs palpeurs de longueur différente (fig. 34).

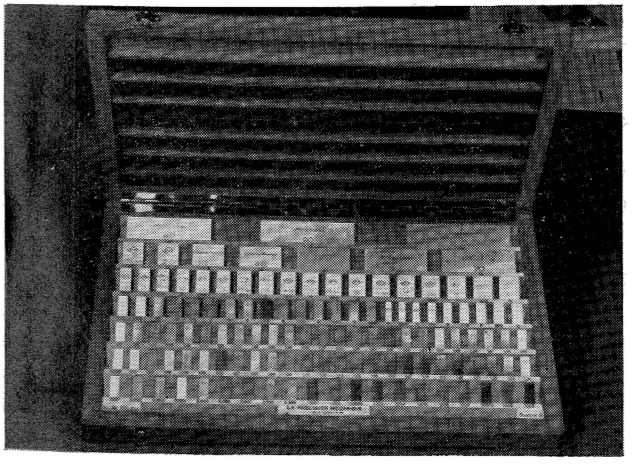


34

3. Lorsque le palpeur se trouve au niveau de la face d'appui (cas du 0-25), les repères 0 (0 du tambour — 0 de la douille) sont en coïncidence.

IV. LES CALES ÉTALONS OU JAUGES

Ce sont des parallélépipèdes rectangles dont une dimension est très exactement réalisée, réunis en un coffret (fig. 35).



35

Leur nombre est variable (fig. 36). On peut obtenir une dimension précise par la combinaison de plusieurs parallélépipèdes d'épaisseurs choisies. Plus les cales sont nombreuses, plus les possibilités de combinaisons sont étendues.

Exemple

Avec le coffret de 56 cales :

17,63 =	1,03	ou	1,01		ou	1,07	ou	1,08
	1,6		1,02			1,06		1,05
	15		1,1			1,3		1,7
			1,5			1,2		1,8
			13			3		4
						10		8

Progression	DIMENSION des CALES	Nbre de cales dans la progression	D			C			B		A		
				D	DV			CV		BV	AJ	A	AV
					DW			CW		BW			AW
			G	XD	XDV	XC	XCA	XCV	XB	XBV	XAJ	XA	XAV
	0,5	1							x1	x1	x1	x1	x1
	0,990				x1			x1		x1			x1
0,001	0,991 à 0,999	9											x9w
0,001	1,001 à 1,009	9	x9		x9w			x9w		x9w			x9w
	1,0025	1											x1w
	1,005	1		x1		x1	x1		x1		x1	x1	
	1,0075	1											x1w
0,01	1,01 à 1,09	9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9
	1,10	1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1
0,01	1,11 à 1,19	9							x9	x9	x9	x9	x9
	1,20	1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1
0,01	1,21 à 1,29	9							x9	x9	x9	x9	x9
	1,30	1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1
0,01	1,31 à 1,39	9							x9	x9	x9	x9	x9
	1,40	1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1
0,01	1,41 à 1,49	9											
	1,50	1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x1
0,1	1,60 à 1,9	4	x4	x4	x4	x4	x4	x4		x4		x4	x4
1	1 à 9	9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9	x9
1	11 à 19	9				9	9	9			9	9	9
1	21 à 25	5				5					5	5	
1	10,50 à 19,50	10									10	10	10
1	20,50 à 24,50	5									5	5	
	10	1	x1	x1	x1	x1	x1	x1	x2	x1	x1	x1	x1
	20	1	x1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	30	1		1	1		1	1		1		1	1
	40	1		1	1		1	1		1		1	1
	50	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	60	1					1	1		1			1
	70	1					1	1		1			1
	75	1				1			1		1	1	
	80	1					1	1		1			1
	90	1					1	1		1			1
	100	1				1	1	1	1	1	1	1	1
Nombre total de Cales par Jeu			38	33	42	47	47	56	75	92	103	109	122

Les cales précédées de « x » ou suivies de « w » sont exécutées en métal dur dans les jeux mixtes correspondant aux séries « X ou W »

36

A. Adhérence des jauges

Le degré de planéité des surfaces calibrantes est à ce point poussé qu'il ne reste plus la moindre trace d'air entre elles, lorsqu'elles sont en contact.

La pression atmosphérique entrant alors en jeu applique les jauges l'une contre l'autre ; de plus, la proximité des surfaces est telle que l'attraction moléculaire peut se manifester. Ce phénomène constitue l'essentiel de la force attractive des jauges l'une vers l'autre.

B. Matières

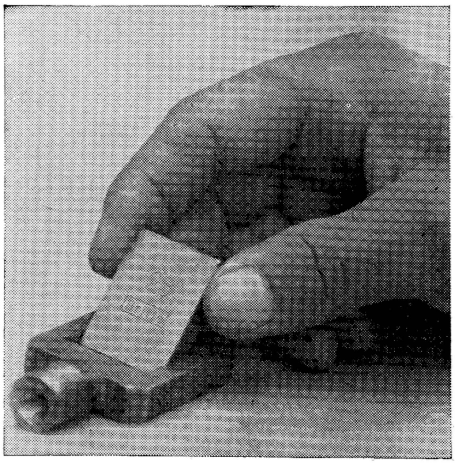
Les jauges sont fabriquées en acier spécial, traité et vieilli.

Le vieillissement est une opération qui prévient les déformations des pièces dans le temps, déformations dues aux tensions internes.

Il existe aussi des cales étalons en carbure métallique.

C. Utilisation

Les jauges sont d'un emploi fréquent dans la mécanique de précision. Elles servent principalement à des vérifications au marbre (fig. 37).



37

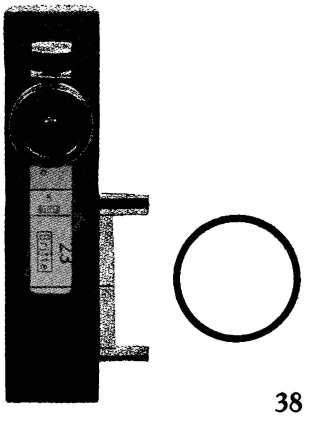
Leur emploi demande de l'opérateur, non seulement beaucoup de soin et d'entretien, mais, pour le contrôle proprement dit, une sensibilité très développée.

D. Accessoires

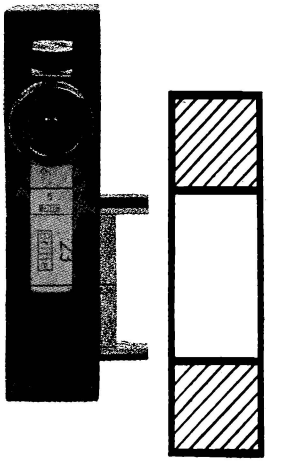
Certains accessoires augmentent encore les possibilités d'emploi des jauges. Les plus usités sont les pince-cales.

Ces derniers sont conçus pour permettre de serrer les cales l'une contre l'autre : un certain nombre de cales définissant une longueur exacte ; ils sont munis de becs de forme déterminée.

Il est ainsi possible de vérifier, selon les becs employés : une longueur extérieure, par exemple un diamètre (fig. 38) ou une dimension intérieure, par exemple un alésage (fig. 39).

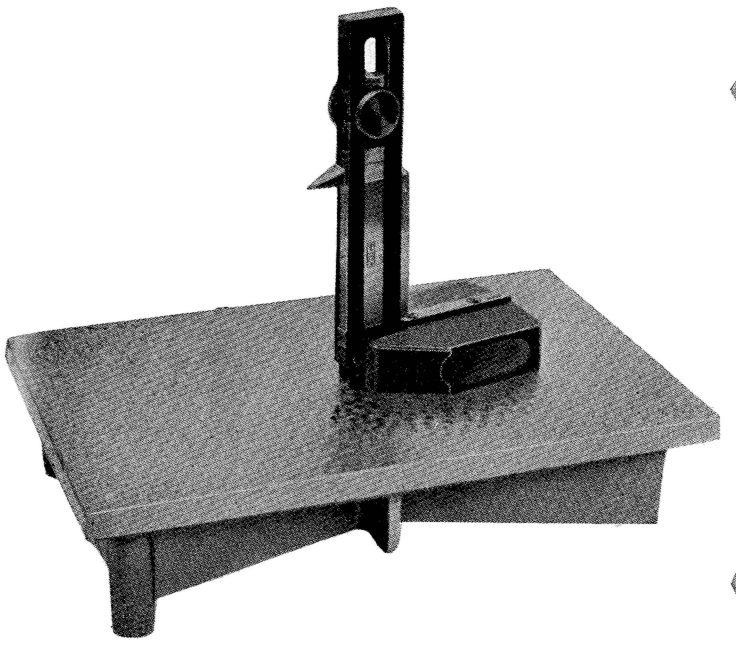


38

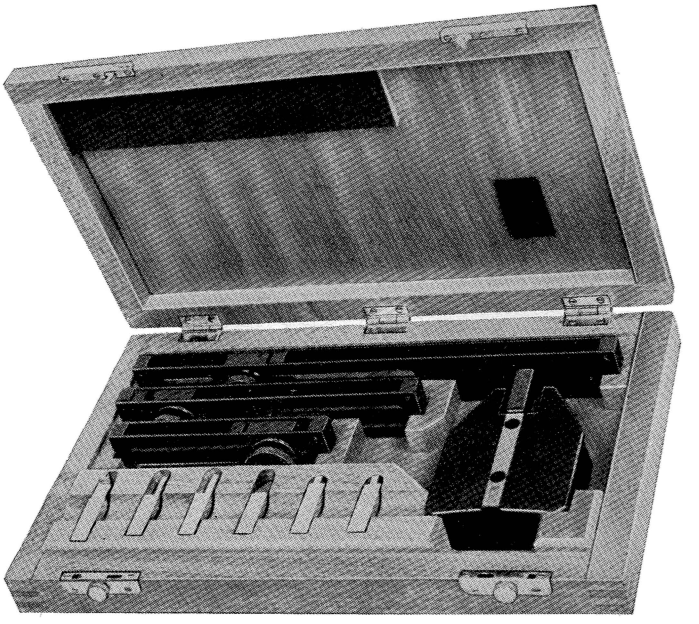


39

Un trusquin de précision ou un compas de précision peuvent de façon identique être obtenus par l'utilisation



40

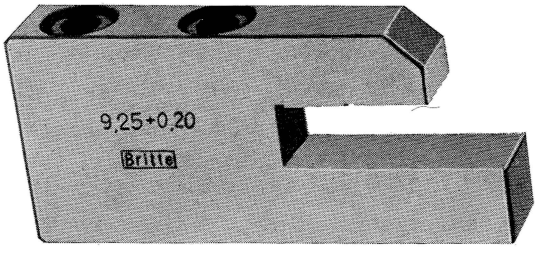


41

de becs appropriés. Exemple, le trusquin de la figure 40. Habituellement, ces accessoires sont rassemblés dans un coffret (fig. 41).
L'emploi des accessoires décrits est surtout intéressant quand il s'agit de vérifier un grand nombre de dimensions égales. Le montage effectué évite à l'utilisateur de perdre un temps qui, bien que court s'il ne s'agit que d'une mesure, devient important lorsque le nombre de mesures se multiplie.
Lorsqu'augmente la quantité de dimensions à mesurer de cette façon, ou quand la dimension à mesurer se présente souvent dans une fabrication, on évite d'immobiliser du matériel (cales et accessoires) en construisant des calibres.

V. LES CALIBRES SIMPLES

La figure 42 montre un calibre simple appelé **„fourche"** sur lequel on retrouve le principe énoncé plus haut.

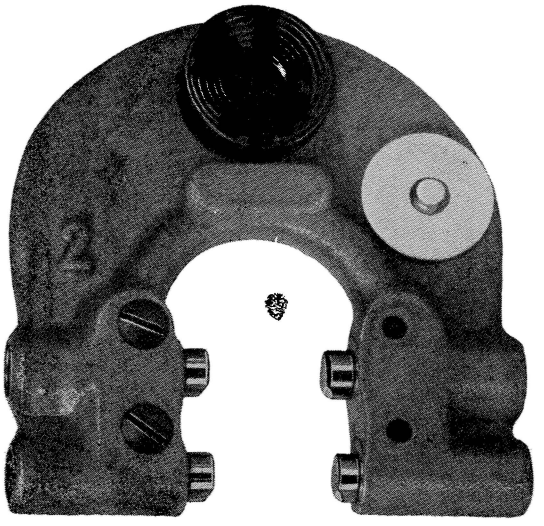


42

Souvent, dans ce contrôle, le problème n'est pas de vérifier exactement une grandeur, mais de s'assurer que la dimension réalisée se situe entre deux limites. C'est-à-dire que le diamètre, pour citer un exemple, est plus petit qu'une dimension maximum admise et plus grand qu'une dimension minimum admise. Les limites ainsi fixées sont indiquées, suivant les besoins de la fabrication, par le bureau de dessin spécialisé.
Les calibres comportent donc le plus souvent deux parties, ainsi qu'il est montré plus explicitement à la fig. 43. Il est bien évident que les fourches construites suivant le principe énoncé ne sont valables que pour une dimension déterminée. D'où l'immobilisation de matériel chaque fois que la grandeur varie.

43

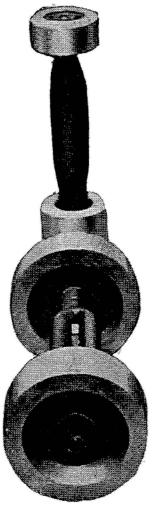
Pour remédier à cet inconvénient, on fabrique des fourches réglables (fig. 44).
Qu'elles soient réalisées d'une façon ou d'une autre, les fourches présentent donc deux parties : l'une reprenant la valeur minimum dans laquelle la pièce ne peut jamais pénétrer l'autre figurant la valeur maximum dans laquelle la pièce doit toujours pénétrer. D'où la dénomination des calibres : fourche „passe-passe pas".



44

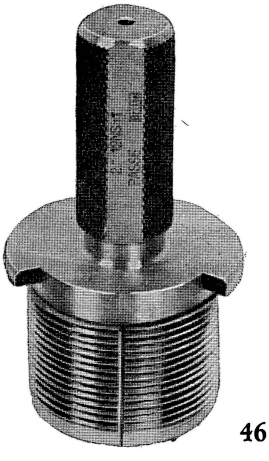
Les calibres sont évidemment du matériel de précision. L'intérêt de l'utilisateur est de les construire en acier trempé. On utilise même souvent des aciers qui se déforment peu à la trempe. Ils sont fabriqués par des ouvriers hautement qualifiés et contrôlés avec soin au moment de leur fabrication et au cours de leur utilisation.

On rencontre des calibres de tout ordre et pour contrôler toutes les dimensions. Leur forme dépend essentiellement de l'emploi qui leur est imparti. Ainsi, les alésages sont contrôlés au moyen de „tampons" répondant au même principe que les fourches (fig. 45).

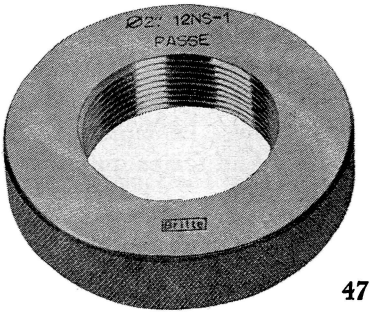


45

Les tampons filetés (fig. 46) s'adressent évidemment aux écrous et les bagues filetées aux vis (fig. 47).

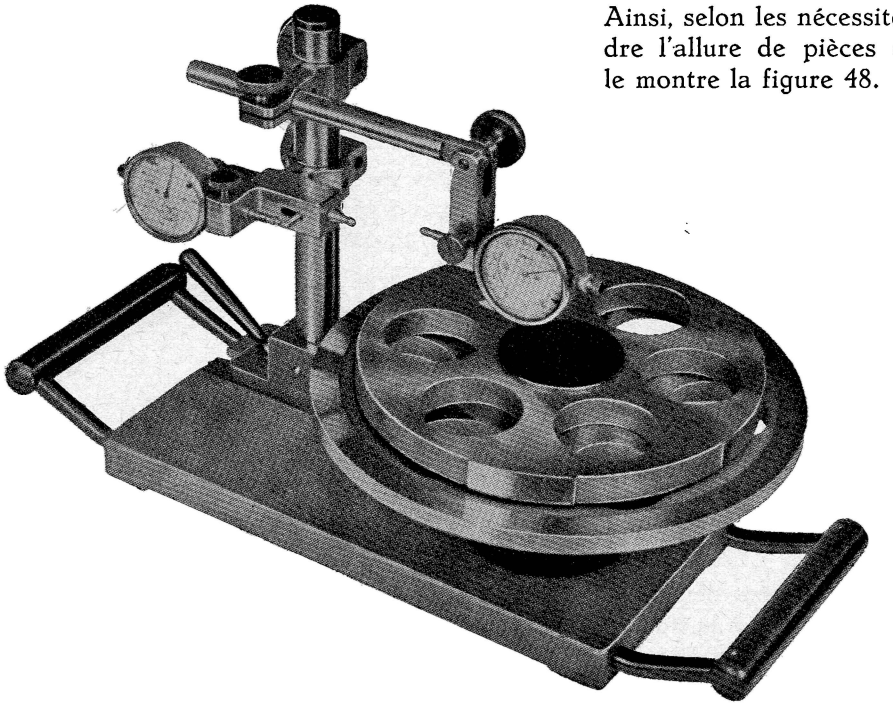


46



47

Ainsi, selon les nécessités, les calibres peuvent-ils prendre l'allure de pièces extrêmement complexes comme le montre la figure 48.



48

RÉSUMÉ

LES MICROMÈTRES

Ils consistent en l'application de la notion de PAS aux instruments de mesure.

LE MICROMÈTRE D'EXTÉRIEUR

Principe.

Mesurer une dimension entre une vis (TOUCHE MOBILE) **et une butée-écrou en forme d'arc** (TOUCHE FIXE.)

Lecture.

L'écart entre les touches est exprimé en tours et fraction de tour, puis converti en mm par l'intermédiaire du pas.

Particularités.

Le pas habituel est 0,5 mm ; le tambour est divisé en 50 parties égales. Ces deux éléments conjugués font du micromètre un instrument dont la précision est 0,01 mm.

LE MICROMÈTRE D'INTÉRIEUR

Principe.

Identique à celui du micromètre d'extérieur. La butée-écrou est ramenée à une simple douille taraudée.

Lecture
Particularités } **Comme pour le micromètre d'extérieur.**

MATIÈRES

Seuls les aciers de très bonne qualité et les aciers alliés sont employés pour la fabrication des micromètres. Sur les instruments de précision, les touches sont en carbure métallique.

ACCESSOIRES

Dispositif de rattrapage de jeu sur l'écrou.
Dispositif de limitation de l'effort de mesure.
Blocage de la vis.
Plaques isolantes.

Remarque

La longeur de la vis est limitée à 25 mm, il faut donc un micromètre par tranche de 25 mm.

LES JAUGES

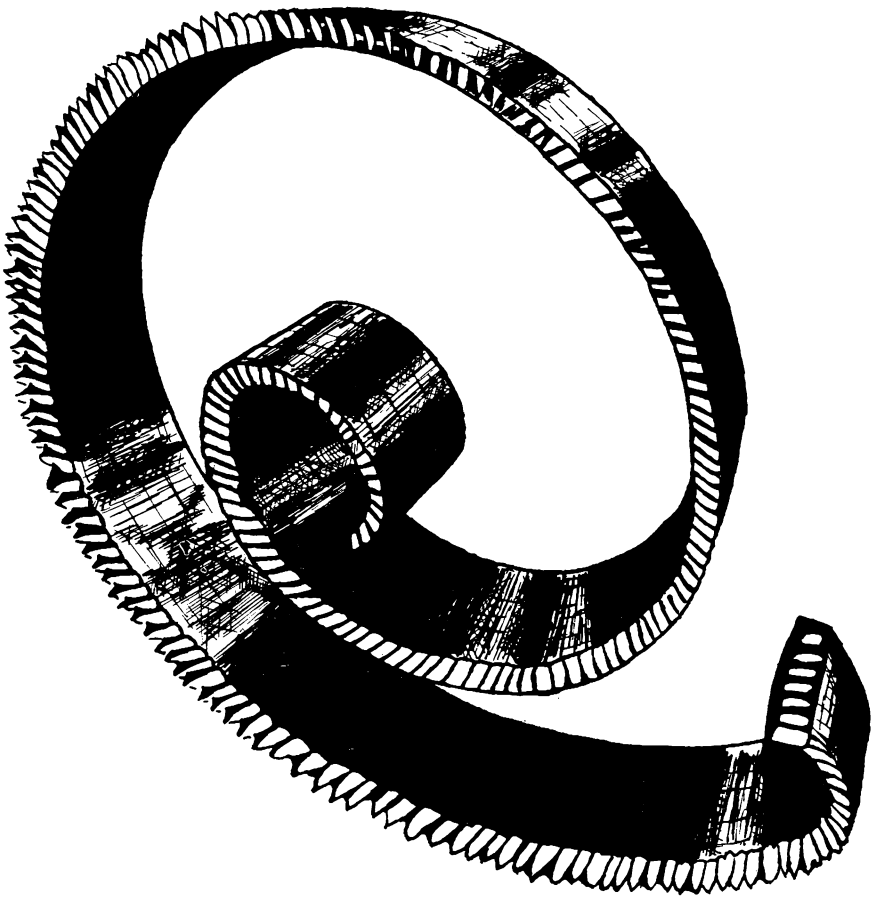
Ce sont des parallélépipèdes rectangles en acier spécial, traité et vieilli, dont une dimension est réalisée très exactement. Ils sont rassemblés dans des coffrets dont l'importance varie avec le nombre de cales.
La superposition de plusieurs cales donne la valeur désirée. Instruments à utiliser avec circonspection, et à entretenir avec un soin tout particulier.
Certains accessoires augmentent la gamme des possibilités de contrôle et d'emploi des jauges (pince-cales ; becs appropriés ; socle).

LES CALIBRES

Ce sont des pièces mécaniques de précision qui permettent de contrôler les dimensions des pièces sans perdre de temps à la lecture des dimensions. Dans ce cas, on vérifie le plus souvent si la dimension considérée se situe entre deux limites établies.
Les calibres étant adaptés à la pièce à contrôler, ils peuvent prendre l'allure de pièces complexes, ce qu'ils sont d'ailleurs.
Ils sont fabriqués en acier trempé par des ouvriers hautement qualifiés.

QUESTIONNAIRE

1. *Décrire les graduations d'un micromètre dont le pas serait 1 mm.*
2. *Dessiner la position respective des graduations d'un micromètre pour les dimensions suivantes :*
   12,21 — 15,53 — 18,88.
3. *Expliquer l'application du principe de VERNIER au micromètre, tel que vous l'avez observé sur certains instruments.*
4. *Expliquer la fonction du rochet de micromètre.*
5. *Réaliser au moyen des cales de la boîte de 75 pièces, les dimensions suivantes en trois exemplaires de composition différente :*
   12,71 — 13,85 — 42,12 — 70,95.
6. *Pourquoi les jauges sont-elles vieillies avant d'être complètement parachevées ?*
7. *Pour quelles pièces serait-il conseillé de vieillir la matière ? Donner des exemples.*
8. *Par quels phénomènes se produit le collage des jauges ? Quelles conditions doivent remplir les surfaces des cales pour que le collage soit possible ?*
9. *Comment procéder pour relever une mesure précise à l'aide d'un micromètre d'étalonnage douteux ?*



LES OUTILS COUPANTS

La fabrication des objets indispensables à son existence a exigé de l'homme qu'il invente, puis perfectionne des outils (fig. 50 et 51).
La plupart de ceux-ci ont le même mode d'action sur la matière : ils coupent ; d'où leur dénomination **OUTILS COUPANTS.**

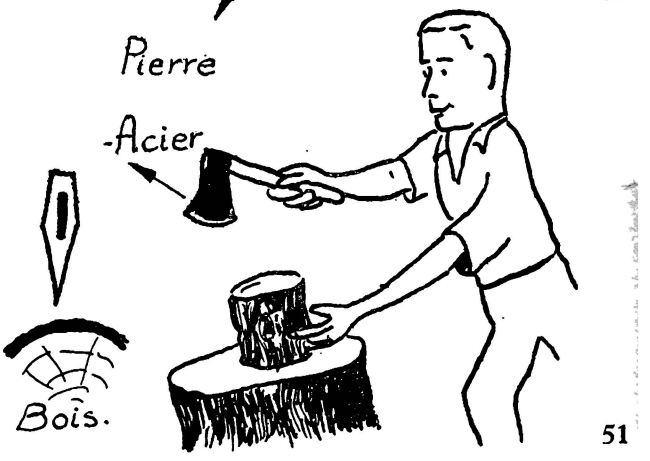
50

I. GÉNÉRALITÉS

A. PRINCIPES

Deux conditions conjuguées rendent possible la pénétration de l'outil dans la matière :
1. être plus dur que la matière travaillée ;
2. avoir la partie ouvrière en forme de coin.

Progressivement, les objets fabriqués se sont compliqués pour répondre à des fonctions de plus en plus nombreuses.
Parallèlement, les outils ont subi des transformations, mais ont conservé le principe des conditions précitées (fig. 52 et 53).



51

52

53

B. CONSTITUTION GÉNÉRALE DES OUTILS DE MÉCANICIEN

1. Matière

L'outil doit être plus dur que la matière travaillée.
Les sidérurgistes se sont penchés sur ce problème et, après de nombreux essais, ont mis au point des alliages complexes dont les plus connus sont :

— l'acier fondu à outil,

— l'acier à coupe rapide ou acier rapide,

— les carbures métalliques.

L'acier rapide et les carbures métalliques sont actuellement d'un usage répandu ; ils ont pratiquement détrôné l'acier fondu à outil, très en vogue au début du siècle.

Remarque

Alors que les aciers fondus et rapides sont des alliages ferreux, en principe, les carbures métalliques ne contiennent pas de fer. Ils sont obtenus par des procédés très spéciaux (ex. le mitia).
„Le MITIA n'est pas un acier, il ne contient que de très faibles traces de fer. Il est constitué par des particules de carbure très petites, extrêmement dures, fixées dans un alliage ductile et tenace.
Son intense dureté, sa résistance à l'usure et à la compression ne se rencontrent ni dans l'acier, ni dans aucune substance synthétique, et ces **propriétés ne s'altèrent pas à chaud.**

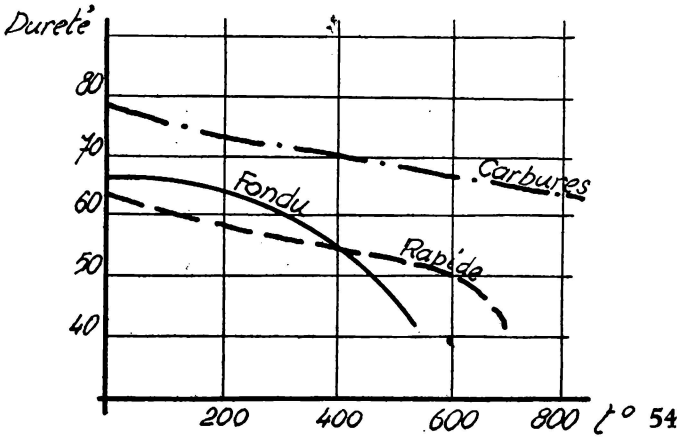
Le MITIA peut donc couper l'acier, comme d'ailleurs tous les métaux et presque tous les matériaux, **à des vitesses jamais réalisées avec d'autres moyens d'usinage.**"

Extrait de catalogue

Comparaison entre ces différentes matières

a. **Tenue de coupe**

Le diagramme (fig. 54) représente la variation de dureté des matières en fonction de la température de coupe.



Il établit clairement la différence entre les diverses matières au point de vue de la résistance du tranchant.

Il est ainsi possible d'établir une classification basée sur le rendement.

On obtient, en ordre croissant :

1. acier fondu,
2. acier rapide,
3. carbures métalliques.

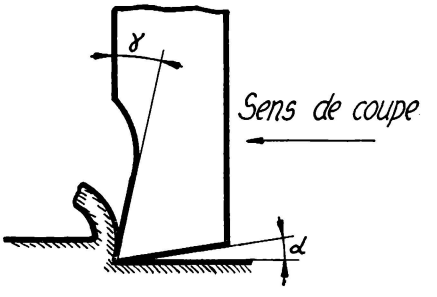
b. **Fragilité du tranchant**

Avec la dureté, apparaît la fragilité, autre propriété des métaux, qui augmente avec la dureté.

Une autre classification, basée cette fois sur la fragilité, peut être établie. Ce qui donne, en ordre croissant :

1. acier fondu,
2. acier rapide,
3. carbures métalliques.

De cette double comparaison, la conclusion est que les conditions de coupe sont d'une influence déterminante sur le choix de la matière constitutive de l'outil.



55

2. Forme

L'outil doit avoir la forme d'un coin.

Pour obtenir cette forme caractéristique (fig. 55), il faut façonner des faces obliques sur l'outil. L'expérience réalisée à l'atelier a démontré la nécessité de deux inclinaisons :

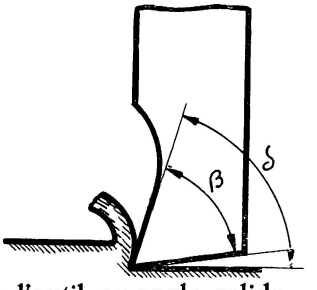
— l'angle α, dont la fonction est de permettre à l'outil de ne toucher la face usinée que par l'arête tranchante ; c'est un angle de faible grandeur ;

— l'angle γ, qui détermine la facilité de coupe de l'outil; plus il est important, plus l'outil pénètre facilement. D'autre part, quand γ augmente, le tranchant devient fragile parce que trop fin.

Conclusion

De par sa fonction, l'angle α appelé **„angle de dépouille"** varie peu d'un outil à l'autre tandis que γ, **„angle de dégagement"**, varie avec la résistance de la matière à couper : plus la matière est tendre, plus la pointe peut être aiguë, donc plus γ peut être grand.

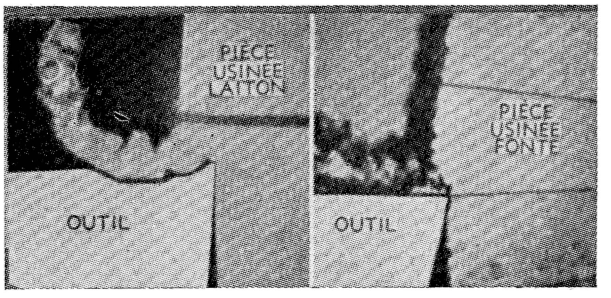
De ces deux angles principaux en dérivent deux autres (fig. 56) :



56

— β, **angle de l'outil** ou **angle solide,**

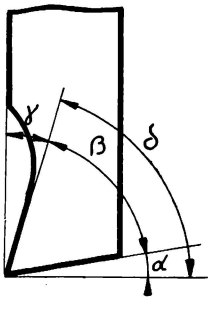
— δ, **angle de coupe,** qui détermine l'inclinaison suivant laquelle la matière est coupée.



57

L'illustration n° 57 est la photographie de deux outils pendant la coupe du métal.

On y remarque très distinctement les différents angles



58

caractéristiques et l'influence de la dureté du métal coupé sur la valeur de l'angle de dégagement.

Relations entre les angles caractéristiques (fig. 58)

L'angle de coupe δ vaut :

— l'angle solide β plus l'angle de dépouille α

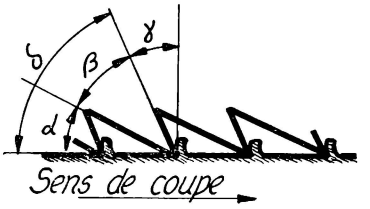
$$\delta = \alpha + \beta$$

— 90° moins l'angle de dégagement γ

$$\delta = 90° - \gamma$$

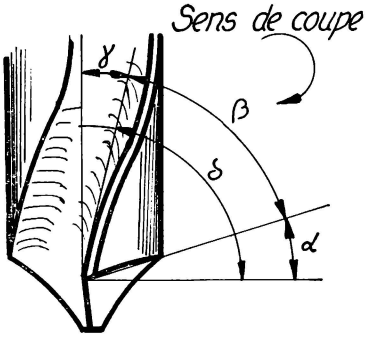
Exemples choisis d'après d'autres outils de coupe

a. **Lime**



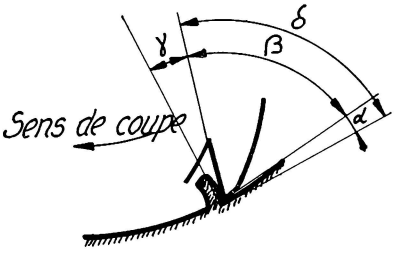
59

b. **Foret hélicoïdal**



61

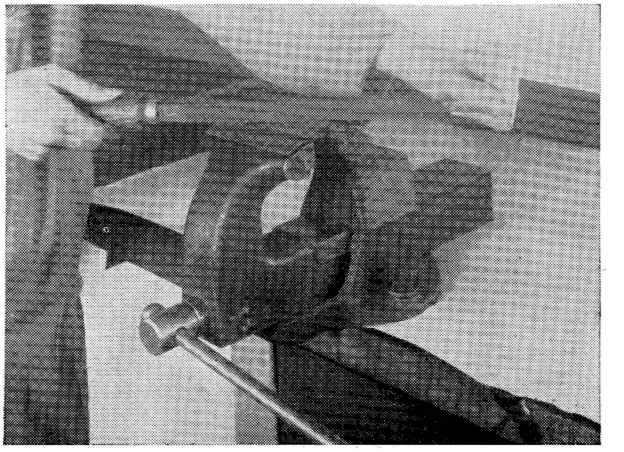
c. **Fraise**



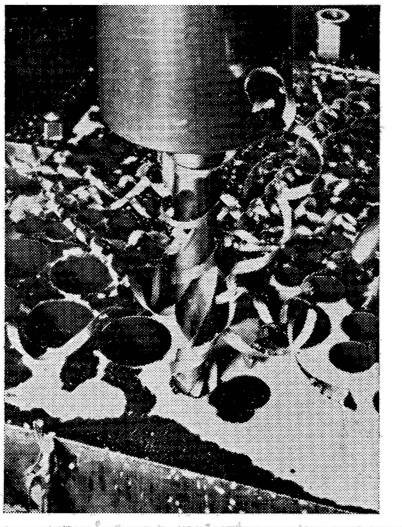
63

Remarque générale

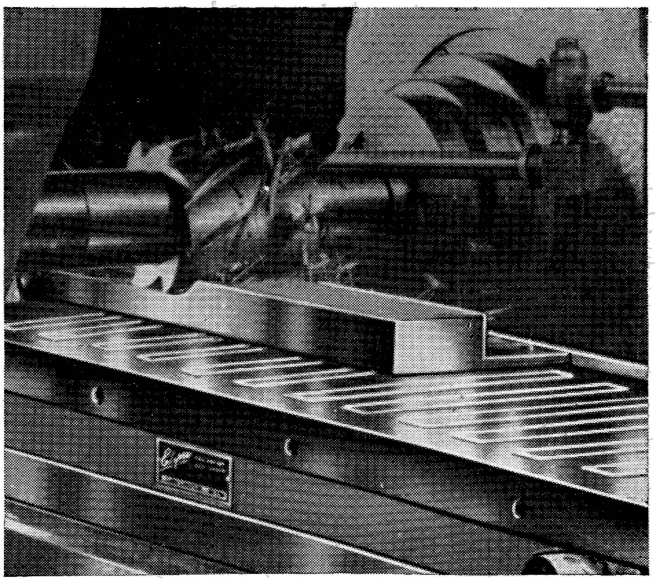
De par sa forme, chaque outil est adapté à un travail déterminé ; cependant, sur chacun d'eux, on retrouve les différents angles décrits plus haut et désignés, de ce fait, par le nom général d' **„angles caractéristiques de base".**



60

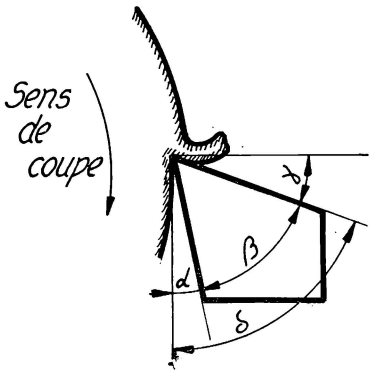


62

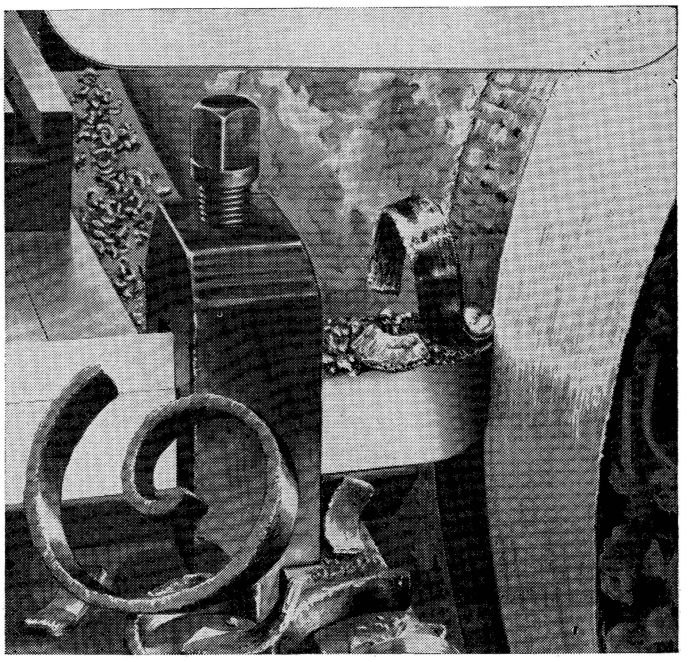


64

d. Outil de tour



65



66

RÉSUMÉ

Tout outil coupant doit remplir deux conditions :
1. être plus dur que la matière à couper ;
2. avoir la forme d'un coin.
Première condition : elle relève de la matière constitutive de l'outil ; on emploie principalement :
— l'acier rapide,
— les carbures métalliques.
Le choix de l'une ou l'autre matière dépend des conditions de coupe.
Seconde condition : réalisée par le façonnage de faces obliques dont les inclinaisons sont reprises sous le nom général d'„ANGLES CARACTERISTIQUES DE BASE", lesquels sont au nombre de quatre :
1. angle de dépouille - réalisé pour que seule l'arête tranchante soit en contact avec la face usinée ;
2. angle de dégagement - détermine la facilité de pénétration de l'outil dans la matière ; mais aussi la fragilité du tranchant.
En découlent :
3. angle solide ou angle de l'outil - donne la valeur du coin initial ;
4. angle de coupe - détermine le plan suivant lequel la matière est coupée.
Relations entre les angles caractéristiques : $\delta = \alpha + \beta$
$\delta = 90° - \gamma$

QUESTIONNAIRE

1. *D'où provient la dénomination „aciers rapides" ?*
2. *Peut-on classer les carbures métalliques dans la catégorie des aciers ? Pourquoi ?*
3. *Quelle est l'influence de la trempe sur les aciers ? Peut-on en tirer une conclusion relative aux outils coupants ? Laquelle ?*
4. *Est-il nécessaire qu'une lame de canif soit trempée pour couper un tuyau de plomb ? Quelle serait l'influence de la trempe dans ce cas particulier ?*
5. *Pour amener une barre carrée à la forme cylindrique sur une certaine longueur, est-il indifférent de choisir le carbure ou l'acier rapide ? Développer.*
6. *Peut-on se contenter d'un angle de dépouille de faible grandeur ? Développer.*
7. *La réalisation d'un grand angle de dégagement rend l'outil très effilé. On a donc intérêt à le tailler de cette façon pour obtenir un outil très coupant. Par quoi est déterminée la limite à respecter ?*
8. *L'angle de dégagement est déterminé par la matière coupée ; peut-il aussi être influencé par la matière de l'outil ? Développer.*
9. *Pour un outil dont α vaut 5° et γ 20°, quelles sont les grandeurs des autres angles ?*

II. LES FACTEURS DE COUPE

A. VITESSE DE COUPE

Il apparaît de bon sens qu'un foret de 8 mm, par exemple, n'aura pas la même vitesse de rotation qu'un foret de 20 mm : celui de 20 mm doit tourner plus lentement que celui de 8 mm.
Cela revient à placer les deux outils dans les mêmes conditions de coupe : l'espace parcouru en un temps déterminé par le coin, donc la vitesse du coin, est identique pour les deux outils : c'est la **vitesse de coupe. On désigne par „VITESSE DE COUPE", l'espace parcouru en l'unité de temps par le tranchant sur la pièce ou par la pièce sous le tranchant.**
Elle est exprimée habituellement en m/min.

Application de la notion de vitesse de coupe aux machines usuelles

1. Tour

a. Calcul de la vitesse de coupe

Le diamètre de la pièce est connu, soit D mm. Le tableau des vitesses de rotation de la machine donne la vitesse de rotation adoptée, soit par exemple N tr/min.
Le calcul de la vitesse de coupe est alors très simple :
— en un tour, l'espace parcouru par la pièce sous le tranchant vaut : $\pi \cdot D$ mm ;
— en N tours, donc en une minute, il devient : $\pi \cdot D \cdot N$ mm. On a ainsi obtenu la formule de la vitesse de coupe pour le tour :

$$Vc = \pi \cdot D \cdot N$$

L'application de cette formule donnera comme résultat une vitesse de coupe exprimée en mm/min. Or, la Vc est exprimée habituellement en m/min.
Un résultat correct sera obtenu en divisant la première formule par 1000, ce qui donne :

$$Vc = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

b. Application au tournage de la formule trouvée

Cette formule n'est pas souvent utilisée, pour la simple raison que, normalement, la Vc est connue.
En effet, des essais sont effectués pour déterminer la vitesse de coupe la mieux adaptée aux emplois les plus fréquents, ceux pour lesquels les conditions de coupe sont normales. Les essais tiennent compte :
— de la matière à usiner,
— de la matière de l'outil,
— de l'opération à effectuer,
— du temps d'usinage, c'est-à-dire du temps qui sépare deux affûtages consécutifs.
Ainsi sont établis des tableaux de Vc. En plus de cette dernière, le diamètre de la pièce est connu. Le problème est donc de déterminer N — vitesse de rotation — pour obtenir Vc.

Deux méthodes peuvent être appliquées, selon les circonstances :

1. Méthode approximative

De $Vc = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$ on peut tirer : $N = \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot D}$

L'opération à effectuer est compliquée du fait de l'intervention du facteur π. Mais, en prenant $\pi = 3$, les calculs peuvent être effectués mentalement : c'est la méthode approximative.
Exemple :

$Vc = 25$ m/min
$D = 40$ mm

$$N = \frac{1000 \times 25}{3 \times 40} = \frac{25000}{120} = 210 \text{ tr/min environ.}$$

2. Méthode par abaque

Pour éviter les calculs pendant le travail, des abaques ont été tracés une fois pour toutes. Ils permettent de déterminer N sans aucune opération.
Dans la formule de la Vc, deux facteurs sont invariables : π et 1000 ; l'écriture de la formule peut donc être : $Vc = D \cdot N \frac{\pi}{1000}$. Si, d'autre part, pendant un instant, la vitesse de rotation est supposée invariable, on peut encore écrire : $Vc = \frac{\pi \cdot N}{1000} \cdot D$, formule semblable, par la forme, à celle du mouvement uniforme : $E = V \cdot t$, dans laquelle V est un facteur invariable.
En mécanique, l'espace parcouru à une vitesse déterminée et constante peut être représenté, en fonction du temps, par une oblique entre deux axes perpendiculaires. De même, on pourra représenter la Vc en fonction du diamètre pour une vitesse de rotation déterminée.
Pour tracer l'oblique, il suffit de connaître la position d'un point. En effet, quand D = 0, Vc est aussi égale à O.

Etablissement pratique d'un abaque

Soit à tracer l'abaque du tour Celtic 14 dont l'atelier est équipé. Les vitesses de rotation sont : 30 - 45 - 58 - 75 - 90 - 105 - 180 - 200 - 290 - 360 - 460 - 575 - 640 - 900 - 1250 tr/min.
L'axe vertical ou axe des ordonnées représente les Vc et l'axe horizontal ou axe des abscisses les diamètres de pièce, à des échelles choisies.
Soit N = 30 tr/min.

Application de la formule : $Vc = D \cdot \frac{\pi \cdot N}{1000}$

D est choisi pour la facilité des calculs, soit D = 100 mm.

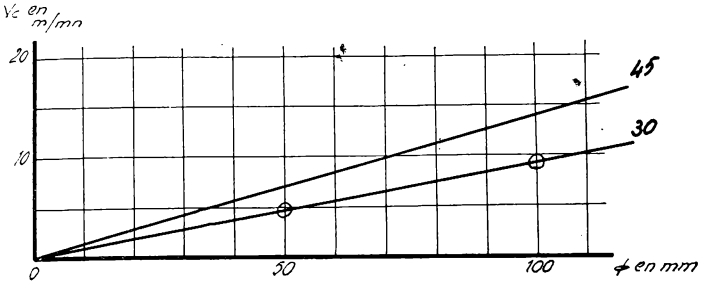
$$Vc = 100 \times \frac{3{,}14 \times 30}{1000} = 9{,}42 \text{ m/min.}$$

Le premier point de l'oblique est le point 0 ; le second,

sur la verticale de 100 mm (⌀) à une hauteur qui représente 9,42 m/min à l'échelle (fig. 67).
Vérification : Si D est réduit à sa moitié, la Vc doit aussi être réduite proportionnellement. Donc pour D = 50 mm, Vc = 4,71 m/min, ce que vérifie le tracé.
Soit N = 45 tr/min.
On obtient de même, pour D = 100 mm :

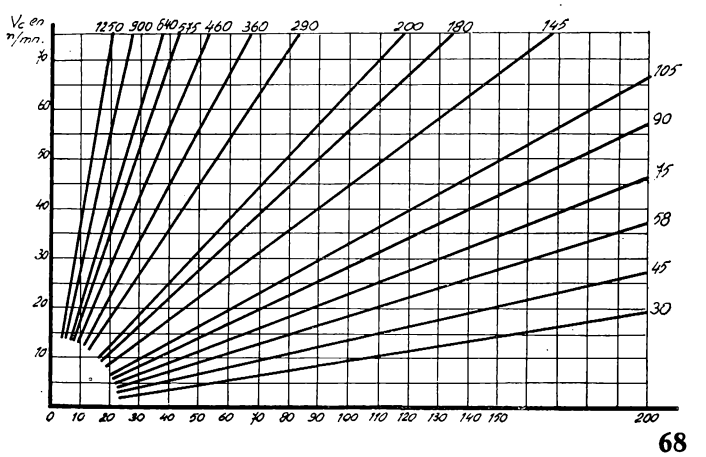
$$Vc = 100 \times \frac{3{,}14 \times 45}{1000} = 14{,}03 \text{ m/min}$$

ce qui permet de tracer une seconde droite, valable pour N = 45 tr/min (fig. 67).



67

Pour les autres vitesses de rotation, les calculs sont absolument identiques ; on obtient finalement un abaque qui porte autant de droites qu'il y a de vitesses de rotation à la machine (fig. 68).



68

Utilisation de l'abaque

Le problème est de déterminer N pour un diamètre mesuré et une Vc relevée dans la table.
L'opération se déroule en deux phases :
— repérer le diamètre sur l'axe correspondant — élever mentalement la perpendiculaire à cet axe ;
— repérer la Vc sur l'axe correspondant — tracer mentalement la perpendiculaire à l'axe.
L'oblique la plus proche du point d'intersection des deux perpendiculaires indique la vitesse de rotation à employer.
Exemple : D = 90 mm
Vc = 25 m/min
L'abaque indique N = 90 tr/min.

2. *Foreuse et fraiseuse*

La différence entre ces deux machines et le tour réside dans le fait que c'est l'outil qui tourne au lieu de la pièce.
Il faut donc considérer le diamètre de l'outil au lieu du diamètre de la pièce et appliquer ce qui a été établi pour le tour.

3. *Etau-limeur*

Les machines considérées plus haut animent l'outil ou la pièce d'un mouvement circulaire. L'outil d'étau-limeur se déplace, lui, d'un mouvement rectiligne dont les principales caractéristiques sont :
— le retour est plus rapide que l'aller (réduction du temps consacré à un déplacement improductif) ;
— le mouvement n'est pas uniforme ; en effet, la vitesse de l'outil part de zéro, passe par une valeur déterminée, puis revient à zéro.
Ces caractéristiques ont pour conséquences :
— le calcul de la Vc se ramène au calcul de la vitesse de l'aller ;
— pour la facilité des calculs, on considère le mouvement comme uniforme, ce qui permet d'en appliquer les lois.

a. Calcul de la vitesse de coupe

Soit, par exemple, un étau-limeur dont la vitesse du retour est double de la vitesse de l'aller, c'est un cas souvent rencontré.
La longueur du déplacement de l'outil (course) est légèrement supérieure à celle de la pièce, soit C mm. La cadence de déplacement de l'outil est donnée au tableau de la machine, par exemple N coups/min, un coup comprend une course „aller" et une course „retour".
Ceci posé, le calcul de la vitesse de coupe se réduit à une opération simple :
— en un coup, l'espace parcouru par l'outil vaut C mm, puisque seul l'„aller" est considéré ;
— sur N coups, il devient : $C \cdot N$ mm.
Par hypothèse, N coups sont effectués en une minute ; mais, étant donné que la vitesse de l'„aller" est la vitesse de coupe, l'espace calculé $C \cdot N$ mm est parcouru sur la partie de minute consacrée aux courses „aller".
On sait que la V retour vaut 2V aller — donc le temps consacré au retour est la moitié du temps consacré à l'aller.

$$T \text{ aller} = 2T \text{ retour.}$$

D'où il vient : 1 min = T aller + T retour
= 2T retour + T retour
= 3T retour
D'où : T retour = 1/3 min
et, par conséquent : T aller = 2/3 min
Il est maintenant possible d'appliquer la formule de la vitesse du mouvement uniforme :

$$V = \frac{E}{t} \qquad \text{On connaît : } \begin{matrix} E = C \cdot N \text{ mm.} \\ t = 2/3 \text{ min.} \end{matrix}$$

$$\text{donc } Vc = \frac{C \cdot N}{\frac{2}{3}} = \frac{3}{2} \cdot C \cdot N \text{ mm/min}$$

La course est mesurée à l'atelier, en mm, et pour obtenir Vc en m/min, il faut diviser le résultat trouvé par 1000, ce qui donne :

$$Vc = \frac{3}{2} \cdot \frac{C \cdot N}{1000}$$

b. Application de la notion de vitesse de coupe au rabotage

Comme pour le tour, l'inconnue est le plus souvent N à adopter plutôt que Vc.
Tout comme pour le tour, deux méthodes sont possibles:

1. Méthode approximative

De $Vc = \frac{3}{2} \cdot \frac{C \cdot N}{1\,000}$, on peut tirer : $N = \frac{2000 \cdot Vc}{3 \cdot C}$.

Aucune complication dans le calcul de N, même effectué mentalement.

Exemple :

$Vc = 25$ m/min
$C = 90$ mm
$N = \frac{2000 \times 25}{3 \times 90} = 190$ coups/min environ.

2. Méthode par abaque

Le tracé d'un abaque d'étau-limeur se fait d'une façon identique, quant à la forme, à celle employée pour tracer l'abaque du tour.

Exemple :

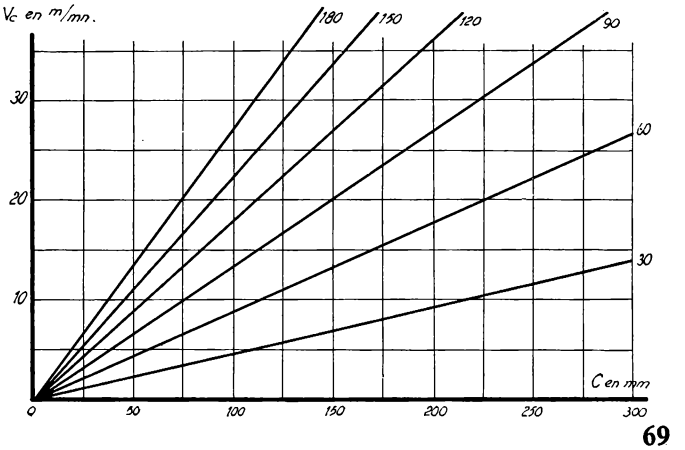
Soit un étau-limeur à retour rapide : $Vr = 2Va$; les nombres de coups/min de la machine sont : 30 - 60 - 90 - 120 - 150 - 180 ; l'axe vertical de l'abaque représente les Vc à l'échelle et l'axe horizontal les longueurs de course.
Le premier point de chaque oblique est connu :
quand $C = 0 : Vc = 0$
1re oblique : $N = 30$ coups/min

Application de la formule : $Vc = \frac{3}{2} \cdot \frac{C \cdot N}{1\,000}$

C'est choisi pour la facilité des calculs $C = 100$ mm

On obtient : $Vc = \frac{3 \times 100 \times 30}{2000} = 4{,}5$ m/min.

1er point de l'oblique : 0
2ème point : sur la verticale de $C = 100$, à 4,5 m/min selon l'échelle.
En considérant successivement tous les nombres de coups de la machine, on obtient l'abaque tracé ci-dessous (fig. 69).



69

Utilisation de l'abaque

Il faut procéder exactement comme pour le tour.

B. CHOIX D'UNE VITESSE DE COUPE

Les vitesses de coupe sont établies par essais pour répondre à des conditions économiques de production.
Cependant, une remarque s'impose : les surfaces obtenues sont d'autant mieux finies que la vitesse de coupe est grande, donc une règle de choix peut être ainsi établie :
Pour la finition d'une surface, la *Vc* doit être plus élevée que pour l'ébauche.
Il faut encore noter que la résistance de l'outil limite la vitesse de coupe à adopter pour finir.
La matière constitutive de l'outil a donc ici une grande importance. En effet, une augmentation de la température de coupe, consécutive à une augmentation de la vitesse de coupe, peut être supportée par certaines matières et non par d'autres, ainsi que le montre le tableau comparatif suivant établi pour tourner l'acier doux :

Matière de l'outil	Vitesse de coupe
Acier fondu	15 m/min
Acier rapide	38 à 72 m/min (suivant la qualité de l'acier rapide)
Carbure	150 à 250 m/min.

RÉSUMÉ

LES FACTEURS DE COUPE

1. LA VITESSE DE COUPE

C'est la vitesse du tranchant sur la pièce ou de la pièce sous le tranchant. Unité usuelle : m/min.

Application aux machines

a. **Dont le mouvement de coupe est circulaire.**

Formule : $Vc = \frac{\pi D.N}{1000}$ **D en mm**

N en tr/min

L'inconnue est toujours N, d'où application de la formule:

— approximative (calcul mental de N)

$$N = \frac{1000\ Vc}{3\ D}$$

La méthode étant approximative, on remplace π par 3.

— par abaque

On utilise les abaques pour éviter les calculs pendant le travail.

Le tracé de ceux-ci repose sur le principe de la représentation des espaces parcourus en mouvement uniforme.

b. **Dont le mouvement de coupe est rectiligne.**

Formule : $Vc = \frac{3}{2} \cdot \frac{C.N}{1000}$ **C Course en mm**

N cadence en coups/min

$\frac{3}{2}$ { **influence du retour rapide. Temps aller = 2 × temps retour.**

Application de la formule :

— approximative

$$N = \frac{2000\ Vc}{3\ C}$$

— par abaque

Le principe est identique à celui suivi pour établir l'abaque de tour.

Choix de la vitesse de coupe.

Pour la finition, la vitesse de coupe doit être plus élevée que pour l'ébauche, les surfaces sont ainsi mieux finies.

La résistance de l'outil limite la vitesse de coupe de finition.

QUESTIONNAIRE

1. *La définition de la vitesse de coupe est générale ; quelle est celle qui serait propre au tour ?*
2. *A l'aide de l'abaque de tour dessiné dans le cours, trouver N pour : D = 40 mm, Vc = 30 m/min ; D = 65 mm, Vc = 10 m/min ; D = 105 mm, Vc = 22 m/min ; D = 30 mm, Vc = 60 m/min ; D = 15 mm, Vc = 40 m/min.*
3. *Tracer l'abaque du tour dont les vitesses de rotation sont :*
   40 — 80 — 120 — 240 tr/min.
4. *Etablir la formule de la Vc pour un étau-limeur dont le temps aller vaut 3 fois celui du retour.*
5. *Comment évolue la vitesse de coupe dans l'opération de dressage d'un bout ? Pourquoi ?*
   Comment devrait être conçue la machine qui donnerait une vitesse de coupe constante, dans ce cas particulier ?

C. AVANCE

La notion de vitesse de coupe intervient pour obtenir une utilisation des outils coupants aussi rationnelle que possible. Cependant, l'enlèvement d'une épaisseur de matière se fait par la conjugaison de deux mouvements au moins ; par exemple, dans le cas du tour :

— mouvement de la pièce (ici, c'est le mouvement de coupe),

— mouvement de l'outil.

Il est évident que, plus l'outil se déplace rapidement, plus la production est élevée. Ici, intervient la notion d' „avance".

On désigne sous le nom d'„AVANCE" le déplacement relatif de l'outil par rapport à la pièce, perpendiculairement au sens de coupe de l'outil.

Exemples

— au tour — l'outil avance de 0,2 mm par tour de la pièce ;

— à l'étau-limeur — l'outil avance de 0,5 mm par coup de l'outil.

Remarque : La définition est applicable à un grand nombre de machines ; pour certaines cependant, telle la fraiseuse, elle est incorrecte.

D. CHOIX D'UNE AVANCE

Au seul point de vue de la production, on a intérêt à travailler avec des avances aussi grandes que possible. Il est cependant remarquable que, plus l'avance est petite, plus le fini de la pièce est beau.
Tout comme pour la vitesse de coupe, une règle de choix peut être établie :
Pour la finition d'une surface, l'avance doit être plus petite que pour l'ébauche.
La résistance de l'outil et la puissance de la machine limitent la valeur de l'avance à adopter pour ébaucher.

E. CONJUGAISON DE LA VITESSE DE COUPE ET DE L'AVANCE

La rapidité d'exécution d'un travail dépend essentiellement de la façon de combiner les différents facteurs relatifs à la coupe du métal.
De ce qui précède, on peut conclure une règle de choix des facteurs de coupe ; il convient de choisir :
— **pour dégrossir :** une vitesse de coupe relativement peu élevée associée à un avancement plutôt grand ;
— **pour finir :** une vitesse de coupe plus élevée associée à un avancement assez petit.

Remarque : La règle générale ainsi établie est valable pour les travaux d'outillage. Il est évident que, pour la fabrication d'une pièce en série, d'autres conditions, principalement d'ordre économique, interviennent dans le choix des éléments de coupe.

F. PROFONDEUR DE PASSE

L'outil doit encore occuper une position par rapport à la pièce, telle que son déplacement dans les conditions déjà établies se solde par un enlèvement de matière plus ou moins important. Ici, intervient la notion de „PROFONDEUR DE PASSE".
On appelle „PROFONDEUR DE PASSE" la pénétration de l'outil normalement à la surface usinée.

Exemples :

Au tour, diminuer le diamètre de la pièce de 2 mm par passe ; profondeur de passe : 1 mm.

A l'étau-limeur, réduire une hauteur de 1,5 mm par passe ; profondeur de passe : 1,5 mm.

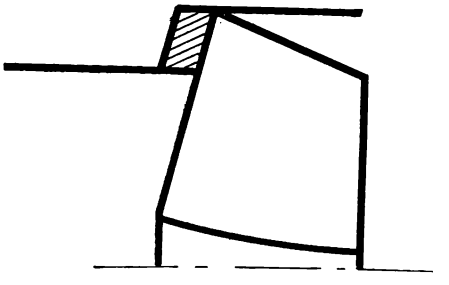
G. CHOIX D'UNE PROFONDEUR DE PASSE

Au point de vue du rendement, on a intérêt à enlever le plus de matière possible par passe. Il faut cependant noter que, plus la profondeur de passe est grande, plus l'effort subi respectivement par la pièce et par l'outil est important et plus ils ont tendance à se déformer, à vibrer ; la profondeur de passe a donc une influence sur le fini de la surface.
Une troisième règle de choix est ainsi établie :
— **pour dégrossir,** la profondeur de passe est seulement limitée par la puissance de la machine, la résistance de la pièce et de l'outil ;
— **pour finir,** la profondeur de passe sera relativement peu importante. Il est à remarquer qu'au-dessous d'une certaine valeur de profondeur de passe, l'outil tend à glisser sur la pièce plutôt qu'à pénétrer. Pratiquement, on considère que 0,5 mm est la valeur minimum normale de profondeur de passe.

H. CONJUGAISON DE LA VITESSE DE COUPE, DE L'AVANCE ET DE LA PROFONDEUR DE PASSE

A la lumière des éléments étudiés dans ce chapitre, on peut énoncer la règle générale suivante, valable, ainsi qu'il a été dit, pour les travaux d'outillage.
Il convient de choisir :

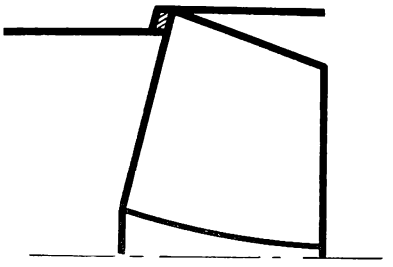
— **pour dégrossir :** une Vc relativement peu élevée associée à une avance et à une profondeur de passe plutôt grandes (fig. 70).



Ebauche

70

— **pour finir :** une Vc plus élevée combinée à une avance et à une profondeur de passe assez petites (fig. 71).



71

Finition

Remarques :

1. Pour rappel : la vitesse de coupe se lit dans des tables ; les valeurs qui y sont portées résultent d'essais d'usinabilité.

2. Pratiquement, on peut considérer que l'avance et la profondeur de passe sont dans le rapport 1/8. **Exemple :** profondeur de passe, 1,5 mm ; avance : 1,5/8 = 0,2 mm environ.
   Ce rapport n'est pas une constante mathématique. Tout au plus, donne-t-il une indication applicable dans la majorité des cas courants.

3. La connaissance des trois facteurs de coupe :
   — vitesse de coupe,
   — avance,
   — profondeur de passe,
   permet de calculer le temps théorique d'usinage d'une surface.

4. Le chapitre se termine par des exercices de calcul du temps d'usinage.
   Les données employées au cours de ces calculs traduisent des conditions normales de travail sur des machines dont l'atelier de l'école est équipé.

A titre comparatif suit un tableau des vitesses de coupe de tournage pour un outil en C.M. Tableau qui illustre parfaitement le début du chapitre, c'est-à-dire, l'influence de la dureté de l'outil sur son utilisation.

Matière	Ebauche	Finition
Acier doux	150-200	250-300
Acier 1/2 dur	80-100	120-130
traité 110 kg/mm²	50-60	60-70
Fonte	70-90	120-140
Bronze	150-200	300-400
Aluminium	800-1000	1000-1500

Tableau des vitesses de coupe (outil en acier rapide)

Matière		Tournage		Fraisage		Rabot.		Perçage	Filetage
		Ebau.	Finit.	Ebau.	Finit.	Ebau.	Finit.		
Aciers	doux	20-30	30-40	12-15	15-20	24	32	20	8-12
	1/2 dur	18-25	25-30	11-14	14-16	16	22	18	5-8
	dur	12-15	15-20	10-12	12-18	12	18	14	5-8
	très dur	5-10	10-15	8-10	10-14	10	14	8	3-4
Fonte		12-15	15-20	10-15	15-18	16	20	15	5-8
Bron. Lait.		55	65	20-40	40-60	30	40	30	7-12
Alumin.		100-200	200-400	120-200	200-250	Maxim.	Maxim.	75	15-40

Exemple de calcul de temps d'usinage

Soit un cylindre d'acier doux de 45 mm de diamètre, dont il faut amener une extrémité à un diamètre de 20 mm sur une longueur de 10 mm. La puissance du tour Celtic 14 permet d'enlever 4 mm sur le diamètre par passe.

1. **Nombre de passes**
   Il faut enlever : 45 — 20 = 25 mm. En choisissant la passe de finition égale à 1 mm, il reste 24 mm soit 6 passes de 4 mm.

2. **Avance**
   Pour dégrossir : 2/8 = 0,25 mm.
   Pour finir : 0,5/8 = 0,06 mm env.

3. **Vitesse de coupe**
   Suivant la table.

Disposition pratique des calculs

Passes	ø obtenu	Lg.	a.	Nb. de tours	N.	Temps
6 passes de 4 mm						
1	ø 41	10	0,25	40	200	$\frac{40}{200} = 0^m\ 12^s$
2	ø 37	»	»	»	»	»
4	ø 33	»	»	»	290	$\frac{40}{290} = 0^m\ 08^s\ 4$
5	ø 29	»	»	»	»	»
3	ø 25	»	»	»	360	$\frac{40}{360} = 0^m\ 06^s\ 7$
6	ø 21	»	»		»	»
1 passe de 1 mm	ø 20	»	0,06	166	575	$\frac{166}{575} = 0^m\ 17^s\ 3$

Temps total : $71^s\ 3$
soit $1^m\ 11^s\ 3$

RÉSUMÉ

LES FACTEURS DE COUPE (suite)

2. L'AVANCE
C'est le déplacement relatif de l'outil par rapport à la pièce, perpendiculairement au sens de coupe.
Choix.
L'avance est plus grande pour dégrossir que pour finir.

3. LA PROFONDEUR DE PASSE
C'est la pénétration de l'outil, normalement à la surface usinée.
Choix.
La profondeur de passe est plus grande pour dégrossir que pour finir.

Conjugaison des trois facteurs

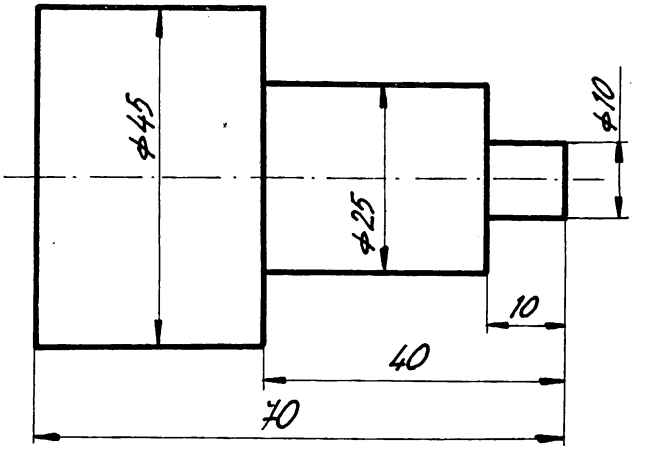
Dégrossissage
Vc relativement basse, avance et profondeur de passe assez grandes.

Finition
Vc plus élevée, avance et profondeur de passe plus petites.

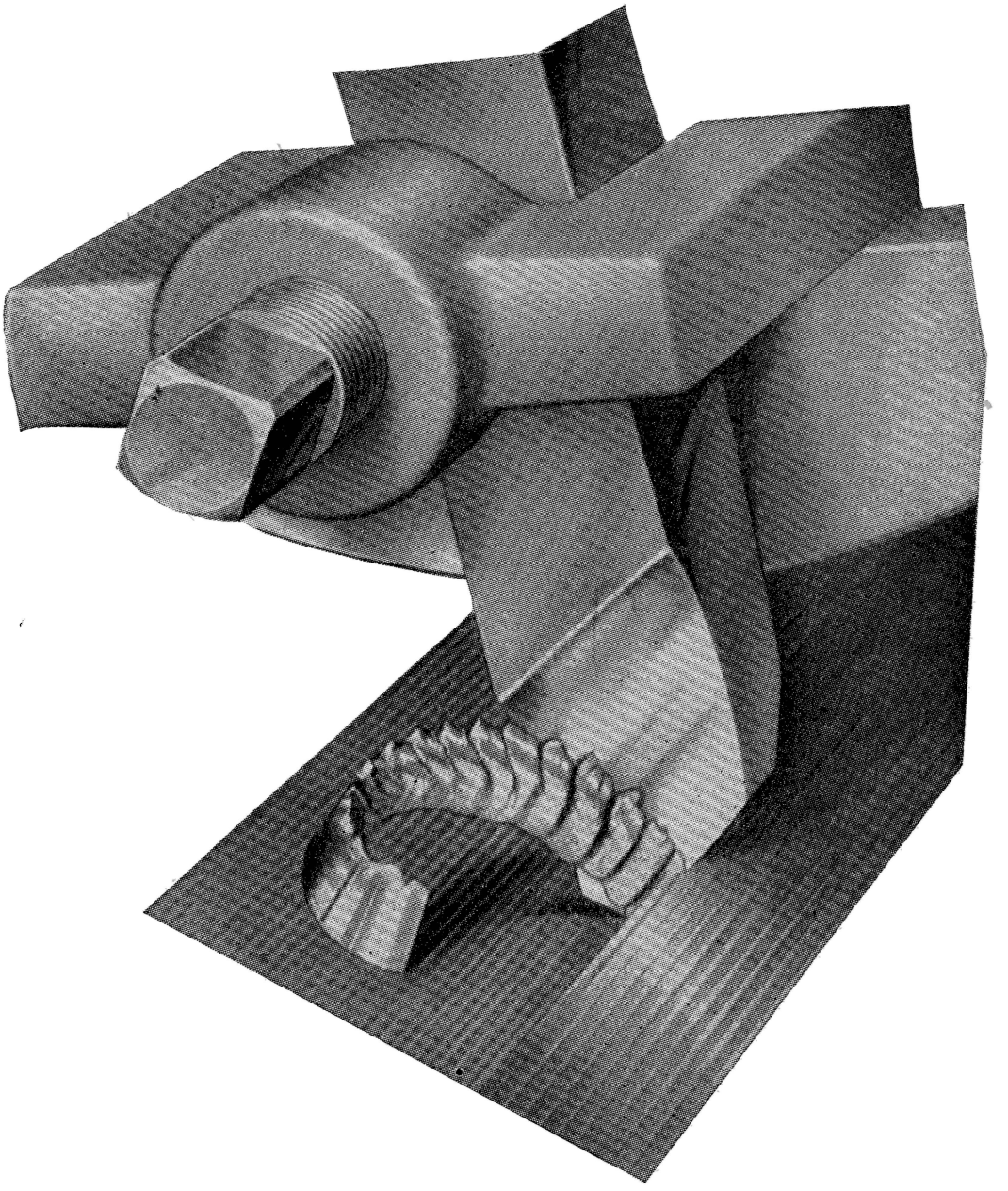
Remarque
La connaissance des facteurs de coupe permet de calculer le temps théorique d'usinage.

QUESTIONNAIRE

1. *Pourquoi travaille-t-on avec une Vc plus petite à l'ébauche qu'à la finition?*
2. *Pourquoi l'avance et la profondeur de passe sont-elles plus grandes à l'ébauche qu'à la finition?*
3. *Calculer le temps nécessaire pour amener l'épaisseur d'une pièce d'acier demi-dur, de 25 mm à 15 mm sur un étau-limeur qui permet d'enlever 2,5 mm maximum par passe. Avancements ; de 0,2 en 0,2 mm. Longueur de la pièce : 120 mm — largeur : 70 mm.*
4. *Calculer le temps nécessaire pour tourner la pièce représentée à la figure 72 à partir d'une barre d'acier dur de 50 mm de diamètre. Tour Celtic 14 — profondeur de passe maximum : 2 mm.*



72



LE RABOTAGE

I. GÉNÉRALITÉS

A. TERMINOLOGIE

Le terme „**RABOTAGE**" s'applique à l'ensemble des opérations qui permettent d'obtenir, à l'aide d'outils coupants, des surfaces **EXTERIEURES** planes ou profilées à génératrices parallèles.

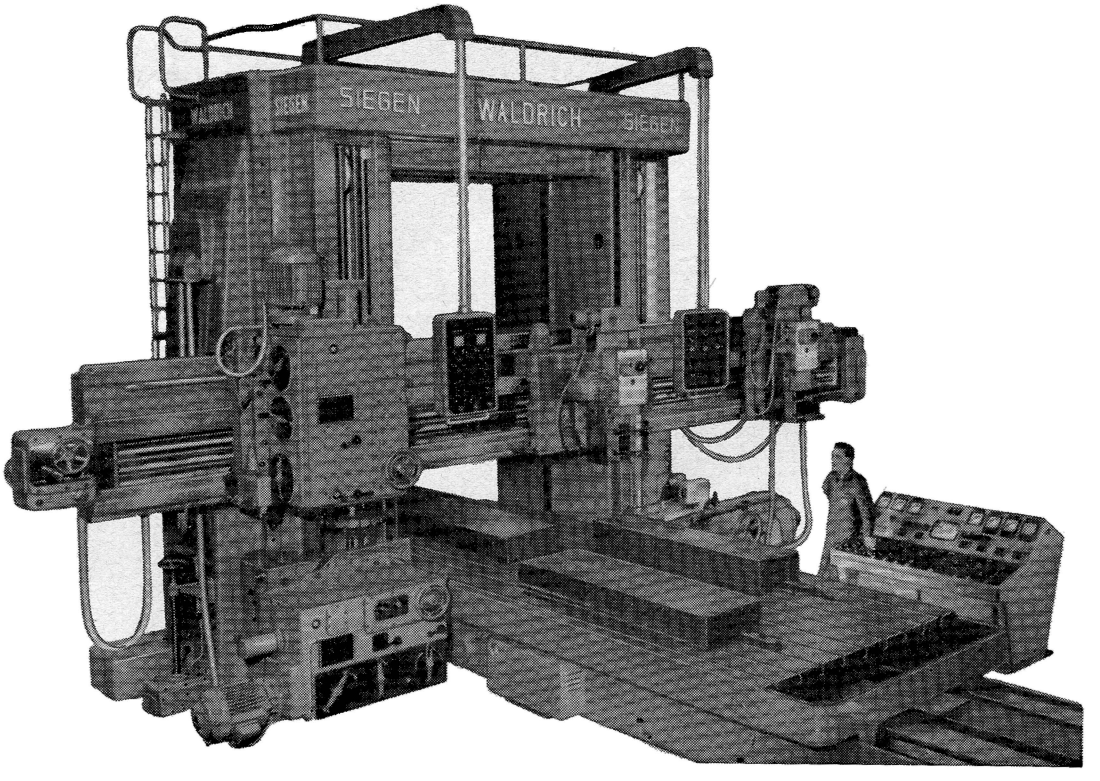
La réalisation de surfaces **INTERIEURES** de caractéristiques identiques porte le nom de „**MORTAISAGE**". De telles surfaces peuvent aussi être obtenues par „**BROCHAGE**".

B. MACHINES-OUTILS EMPLOYÉES

Du fait même des caractéristiques des surfaces engendrées, les mouvements de coupe et d'avance sont tous deux rectilignes. La distinction entre les machines à raboter est due uniquement aux dimensions des pièces à usiner, toutes les machines étant bâties sur le même principe ainsi que leur emploi.

On va ainsi distinguer :

1. Les machines à raboter ou „**RABOTEUSES**" utilisées pour l'usinage de pièces volumineuses ou longues.
   Le mouvement de coupe anime la pièce. Le mouvement d'avance et la profondeur de passe sont donnés à l'outil. Parmi les raboteuses, on en trouve à un montant ou à deux montants (illustration 74) ; l'un et l'autre de ces deux types présentent des avantages et des inconvénients.
2. Les **ETAUX-LIMEURS** (fig. 75), machines utilisées pour l'usinage des pièces petites et moyennes. Ici, le mouvement de coupe anime l'outil, le mouvement d'avance et la profondeur de passe pouvant être donnés à la pièce ou à l'outil selon les opérations.
3. Les **MORTAISEUSES** (fig. 76) ont un mode d'action similaire à celui des deux machines précédentes. Leur conception est différente du fait de leur utilisation. Le mouvement de coupe rectiligne est transmis à l'outil, le mouvement d'avance éventuel et la profondeur de passe le sont à la pièce.



74

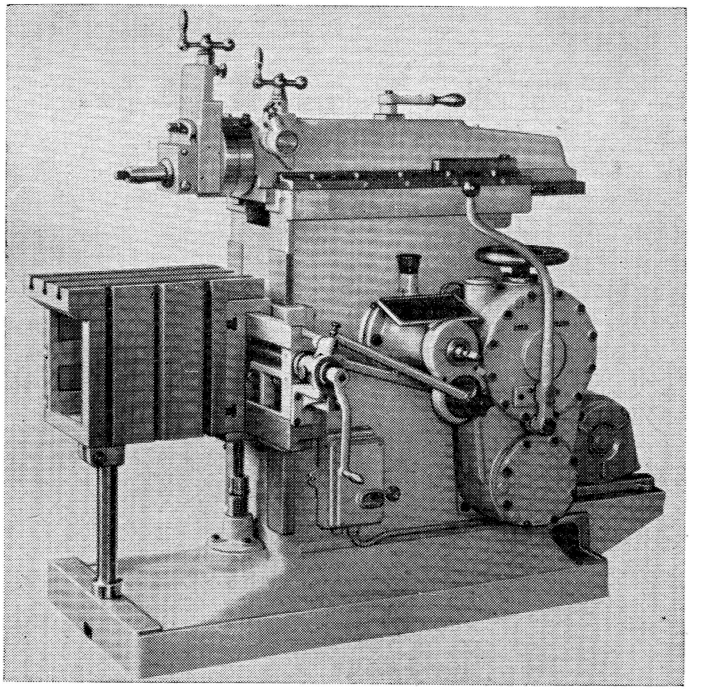
C. HISTORIQUE

La première machine à raboter fut crée en 1751 par le Français FOCQ, le premier étau-limeur en 1834 par l'Anglais WHITWORTH.

D. CARACTÉRISTIQUES DES MACHINES

Il faut, en premier lieu, citer le mode d'action de la machine, ce qui permet de la situer dans l'une ou l'autre des catégories énumérées plus haut (raboteuse, étau-limeur, mortaiseuse).

La machine est alors définie par les dimensions de la plus grosse pièce susceptible d'y être usinée et par le mode de transmission des mouvements (hydraulique, mécanique).



75

E. OPÉRATIONS DE RABOTAGE

Les principales opérations de rabotage sont :

1. Le DRESSAGE,

opération d'ébauche et de finition des surfaces planes.

2. Le PLANAGE,

opération de finition des surfaces planes.

3. Le DEFONÇAGE

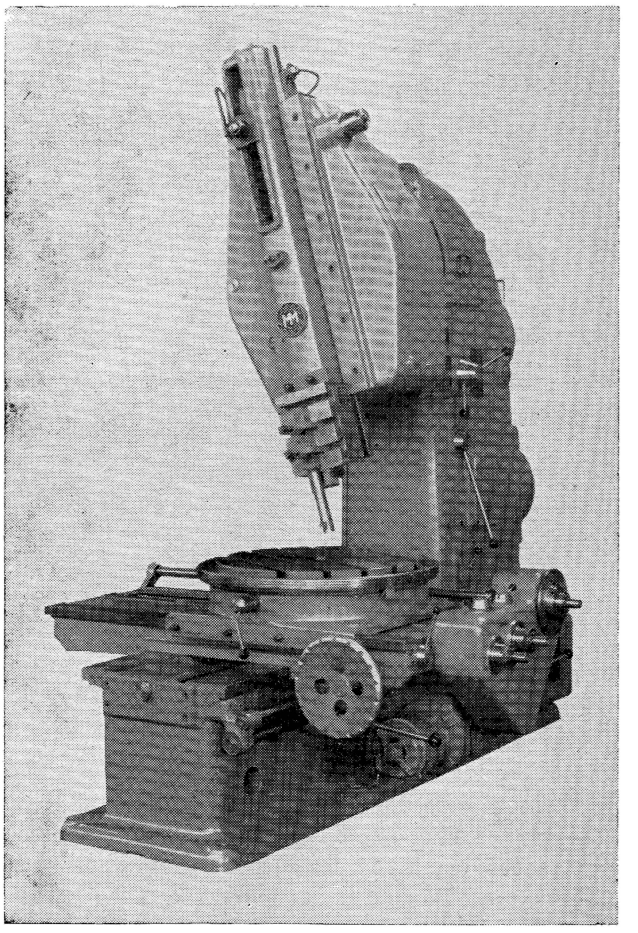
opération d'ébauche des rainures et des épaulements.

4. Le RAINURAGE,

opération de finition des rainures.

5. Le PROFILAGE,

opération d'ébauche et de finition des surfaces profilées.



76

F. GÉNÉRATION DES SURFACES RABOTÉES

De ce qui précède, il résulte que la génération d'une surface rabotée est consécutive à la conjugaison de deux mouvements rectilignes, le Mc et le Ma.
Toutes les machines étant bâties sur le même principe, il importe de fixer le choix de l'étude de celles-ci sur un type de machine ; la connaissance des autres types n'est plus alors qu'une adaptation. Soit, par exemple, l'étau-limeur.
Etudier l'étau-limeur consiste alors à étudier successivement les deux mouvements et les possibilités offertes par leur conjugaison.

L'étude du rabotage comprendra donc trois parties :

1. Le mouvement de coupe

— l'outil, sa constitution, sa forme, son déplacement.

2. Le mouvement d'avance

— la pièce, sa fixation, son déplacement.

3. Les possibilités de la machine

RÉSUMÉ

TERMINOLOGIE

RABOTAGE : parachèvement des surfaces planes ou profilées EXTÉRIEURES à génératrices parallèles.

MORTAISAGE, BROCHAGE : parachèvement des surfaces planes ou profilées INTÉRIEURES à génératrices parallèles.

MACHINES

1. A raboter :

RABOTEUSE : pour pièces longues, volumineuses ou pesantes : Mc à la pièce — Ma à l'outil.

ETAU-LIMEUR : pour pièces moyennes et petites : Mc à l'outil — Ma à la pièce.

2. A mortaiser :

MORTAISEUSE : Mc à l'outil — Ma à la pièce.

OPÉRATIONS DE RABOTAGE

DRESSAGE — PLANAGE — DÉFONÇAGE — RAINURAGE — PROFILAGE.

QUESTIONNAIRE

1. *Quelles comparaisons peut-on faire entre l'étau-limeur, la raboteuse et la mortaiseuse, en ce qui concerne les mouvements de coupe et d'avance ?*
2. *Que conclure de la position inclinée de la tête de la mortaiseuse à la figure 76 ?*

II. L'OUTIL

A. CONSTITUTION

Ainsi qu'il a été dit au cours des chapitres précédents, les matières constitutives des outils sont :
— l'acier fondu,
— l'acier rapide,
— le carbure métallique.
En rabotage, l'acier rapide est couramment et presque exclusivement employé ; le carbure métallique trouve son application dans des cas particuliers (usinage de la fonte et du bronze par exemple).

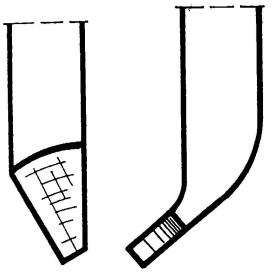
Pourquoi n'use-t-on pas plus du carbure métallique pour fabriquer les outils ? Tout simplement parce que l'outil d'étau-limeur travaille par intermittence. A chaque début de course, se produit un choc très préjudiciable à la conservation du tranchant en parfait état, d'autant plus que la matière est fragile, ce qui est le cas du carbure métallique.
Pour la même raison, on travaille habituellement à une vitesse de coupe inférieure à celle respectée dans l'opération de tournage (voir tableau page 26).

B. FORME GÉNÉRALE

Sur chaque outil, on peut distinguer deux parties :
1. le **corps,** qui sert à la fixation,
2. le **bec** ou partie ouvrière.

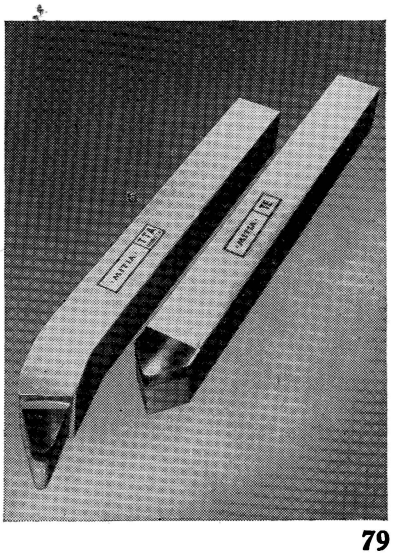
1. Le corps

Aux approches du bec, la forme générale du corps varie avec la position de la surface à usiner. Ainsi, un outil dont le rôle est de raboter les surfaces planes (fig. 77) ne sera-t-il pas de la même forme générale que celui utilisé pour dégager les angles de glissières par exemple (fig. 78).



77

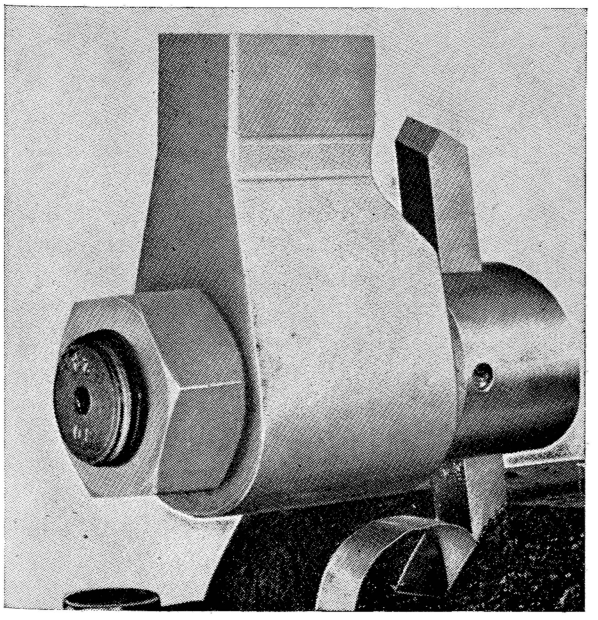
78



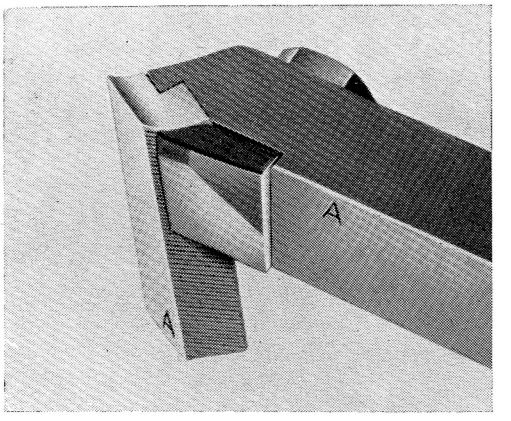
79

On évite les fléchissements et vibrations de l'outil en adoptant, pour le corps, une forte section compatible avec l'usage prévu. Ce choix présente aussi l'avantage de faciliter l'élimination de la chaleur de coupe du métal. Il n'est pas nécessaire que le corps de l'outil soit de la même matière que le bec. Ainsi, pour les outils en carbure métallique, seule la partie tranchante est en carbure métallique tandis que le corps est en acier demi-dur (fig. 79).

Cette méthode, la plus économique étant donné le prix des matières à outils, on la retrouve adaptée aussi aux outils en acier rapide. Les combinaisons de deux matières sont même plus nombreuses dans ce cas (fig. 80 et 81).



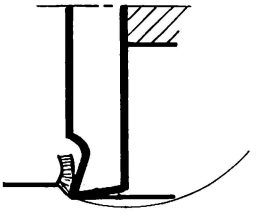
80



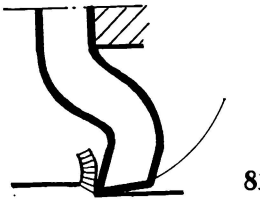
81

Particularité de certains corps d'outil

Le phénomène de flexion du corps d'outil sous l'effort de coupe se traduit, dans le cas du rabotage, par une pénétration de l'outil dans la pièce (plongée). On dit alors la trajectoire de l'outil **„Engageante"** (fig. 82). La plongée est d'autant plus importante que l'effort est grand.



82



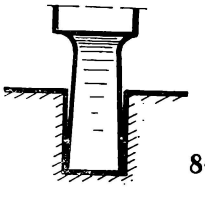
83

On évite cet inconvénient par l'emploi d'outils **„contre-coudes"** vers l'arrière (fig. 83), de façon que l'arête tranchante se situe au niveau ou en arrière de la face d'appui. La trajectoire du bec devient alors **„dégageante"** (fig. 83), ce qui rend la plongée de l'outil impossible.

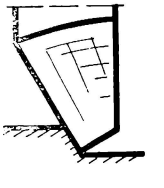
2. Le bec

Le bec est la partie ouvrière, on y trouve donc les angles caractéristiques.

Généralement, sa forme dépend de l'opération à réaliser. Il est évident qu'un outil qui servira à faire une rainure (fig. 84) n'aura pas la même forme de bec qu'un outil destiné à raboter une surface plane (fig. 85).



84



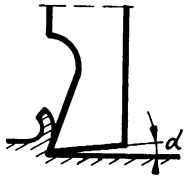
85

C. ANGLES CARACTÉRISTIQUES

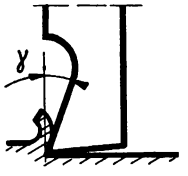
1. Angles caractéristiques de base

a. Angle de dépouille

Conformément à la théorie générale étudiée en début de cours, il est compris entre la surface engendrée par le tranchant et la face arrière de l'outil, c'est-à-dire celle orientée vers cette surface usinée (fig. 86)



86



87

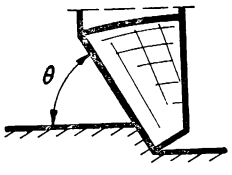
b. Angle de dégagement

De même, celui-ci sera compris entre la normale à la surface engendrée par l'outil et la face de l'outil sur laquelle glisse le copeau (fig. 87).

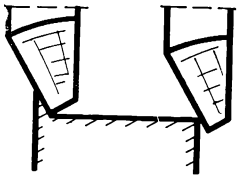
2. Autres angles caractéristiques

a. Angle d'attaque

Quand cela est possible, on incline l'arête tranchante par rapport à la surface à usiner. Cette inclinaison se traduit par l'apparition d'un angle compris entre la face usinée et l'arête tranchante, désigné sous le nom d'angle d',,ATTAQUE" ou angle de ,,DIRECTION" (fig. 88).



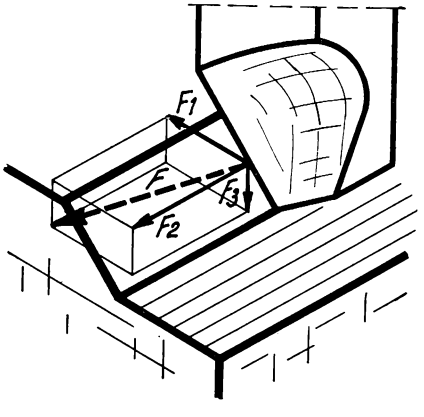
88


89

Grâce à cet angle, le contact de l'outil avec la pièce en début d'opération ne se fait pas directement sur toute la profondeur de passe (fig. 89) ; de ce fait, l'effort exigé devient progressif. Il en est exactement de même pour la sortie de l'outil (fig. 89).

L'angle d'attaque introduit une notion nouvelle : celle de la décomposition de la réaction de l'outil à l'effort de coupe.

On considère que cette réaction F de l'outil se décompose dans l'espace en trois forces concourantes perpendiculaires deux à deux. Cette décomposition est schématisée à la figure 90.

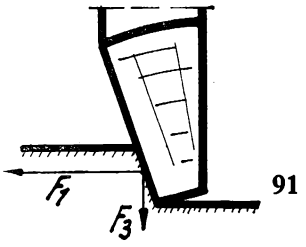


90

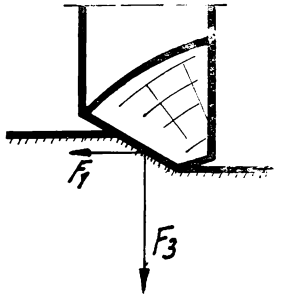
Influence des composantes

— La composante F_1 tend à faire glisser la pièce perpendiculairement au sens de coupe.
— La composante F_2 tend à la déplacer dans le sens de coupe.
— La composante F_3 tend à faire fléchir la pièce sous l'outil.

Les valeurs relatives des composantes varient avec l'angle d'attaque. Quand celui-ci augmente, la composante F_3 diminue, tandis que F_1 augmente (fig. 91).



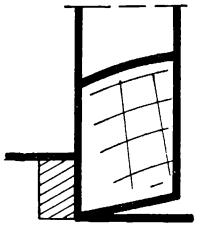
91

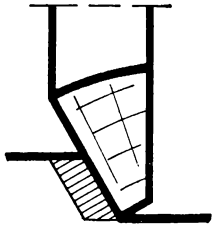


92

L'inverse se produit pour une variation inverse de θ (fig. 92).

De ceci, il faut retenir que, si la pièce ne peut supporter un effort de flexion, il est essentiel de rendre θ aussi proche que possible de 90°.


93


94

Autre effet de l'angle d'attaque : la variation de l'épaisseur et de la largeur du copeau (fig. 93 et 94).

Comme on peut l'observer, plus θ devient petit plus l'épaisseur du copeau diminue, tandis que la largeur augmente.

La section du copeau restant identique dans les deux cas, on observe cependant dans le second représenté qu' une plus grande longueur d'arête tranchante supporte le même effort que dans le premier. En conséquence, l'effort unitaire sur le taillant étant réduit, la vie de l'outil se trouve prolongée.

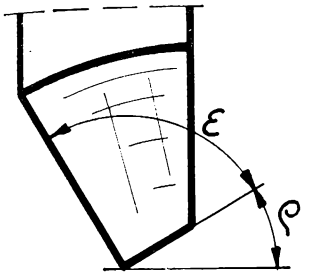
La valeur normalisée de θ est 60°.

b. Angle arrière ou angle de dépouille frontale

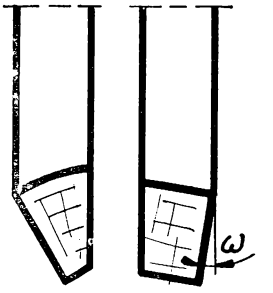
c. Angle de pointe

L'angle d'attaque θ est complété par l'angle arrière ou angle de dépouille frontale ρ ; celui-ci se justifie pour éviter le moindre frottement de l'arête inférieure de

l'outil, talonnement qui nuirait au degré de finition de la face usinée.



95



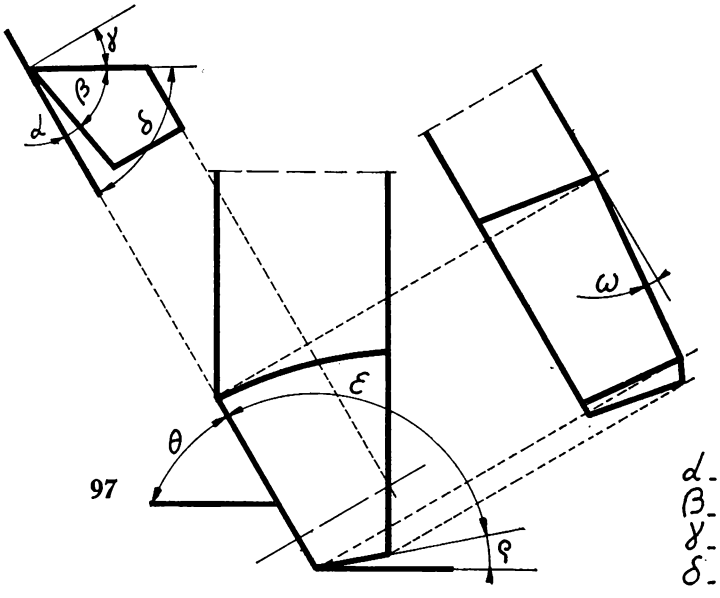
96

Ces deux angles déterminent l'angle de pointe de l'outil ε (fig. 95).

Particularités d'affûtage

1. Pour des raisons identiques à celles qui ont amené l'angle d'attaque, l'arête tranchante est parfois inclinée vers l'avant. L'angle d'inclinaison est compris entre 0° et 10° (fig. 96).
2. La pointe de l'outil est la partie la plus sensible du bec ; on l'arrondit pour la rendre plus résistante. Le rayon est compris ente 0,5 et 3 mm selon les dimensions de l'outil et la forme à réaliser.

D. REPRÉSENTATION CONVENTIONNELLE



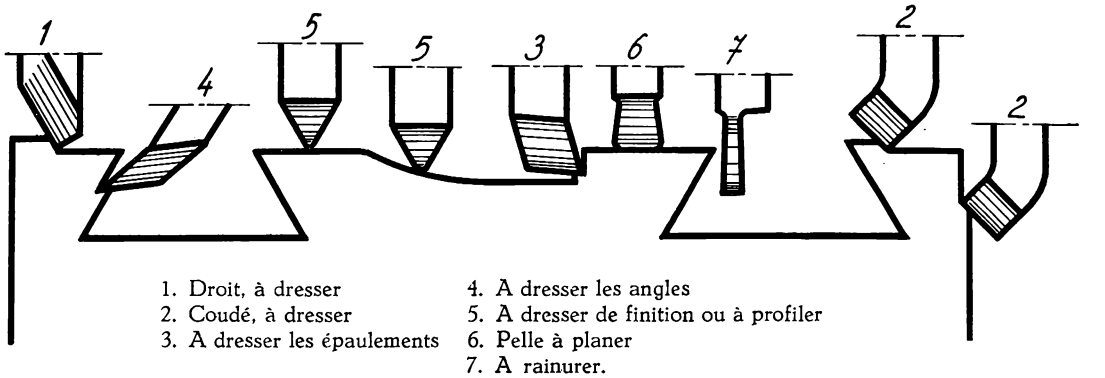
97

α - angle de dépouille
β - " de l'outil
γ - " de dégagement
δ - " de coupe
θ - angle d'attaque
ε - " de pointe
ρ - " arrière
ω - inclinaison de l'arête.

E. FORMES DES OUTILS

En principe, à chaque opération élémentaire correspond un outil déterminé. La règle n'est pas absolue, un même outil peut convenir pour des opérations différentes.

Les formes d'outils les plus rencontrées sont représentées à l'illustration 98.
Leur nom est tiré de la fonction de l'outil ou de sa forme active.



98

1. Droit, à dresser
2. Coudé, à dresser
3. A dresser les épaulements
4. A dresser les angles
5. A dresser de finition ou à profiler
6. Pelle à planer
7. A rainurer.

F. SENS D'AVANCE

L'exécution de deux surfaces semblables, mais symétriques, justifie l'emploi d'outils semblables symétriques. On distingue ainsi, l'observateur étant situé face à la machine :

1. L'outil à gauche

— sens d'avance vers la gauche.

2. L'outil à droite

— sens d'avance vers la droite.

3. L'outil gauche et droite

— qui coupe dans les deux sens.

G. FIXATION DE L'OUTIL

Le support d'outil se compose de trois parties :

1. La „CHAPE",

mobile autour d'un pivot, peut s'incliner de part et d'autre par rapport au déplacement de l'outil.

2. Un „BATTANT",

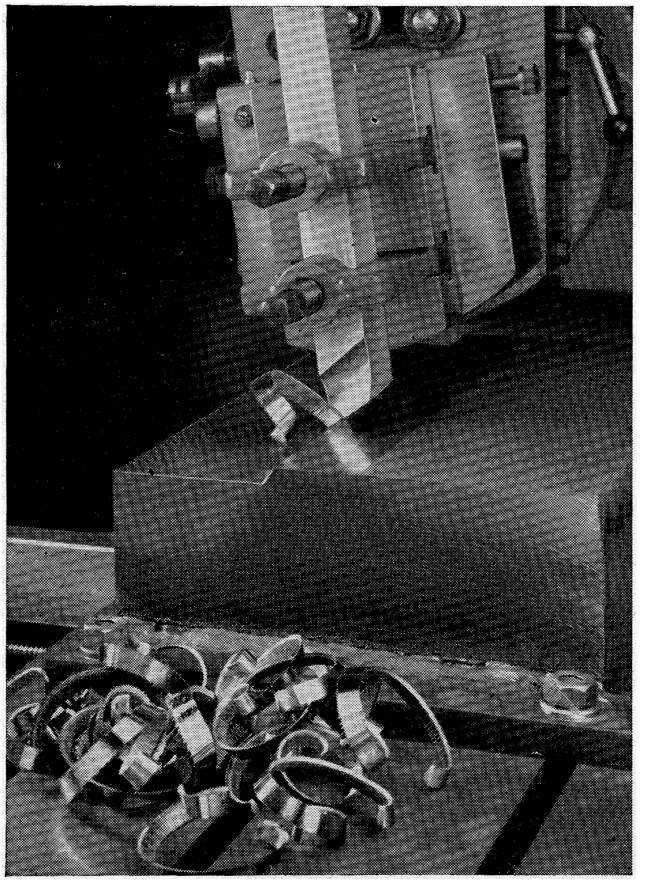
fixé à la chape par un axe. Le mouvement de rotation du battant autour de cet axe permet à l'outil de se relever pendant la course retour uniquement.

3. Un système de serrage de l'outil

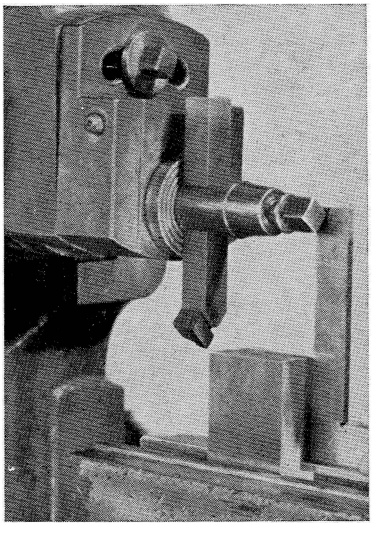
On rencontre le plus souvent les systèmes par étriers (fig. 99) ou par bouteille (fig. 100).

Remarques:

1. Certaines machines sont équipées d'un dispositif de relevage automatique de l'outil pendant la course retour, ceci afin d'éviter que l'arête tranchante ne frotte sur la pièce inutilement.
2. L'ensemble du support d'outil est monté sur le chariot porte-outil.



99



100

RÉSUMÉ

L'OUTIL

1. CONSTITUTION

On emploie des matières déjà étudiées :
— acier fondu,
— acier rapide,
— carbures métalliques.
— Remarque : la Vc est diminuée par rapport à la Vc de tournage, par suite des chocs supportés par l'outil.

2. FORME GÉNÉRALE

On peut diviser fictivement tout outil en deux parties :
a. le corps,
b. le bec.

a. L e c o r p s

Il sert à la fixation ; le plus souvent possible, on le réalise de forte section afin d'éviter au maximum les fléchissements dus à l'effort de coupe, et en même temps d'évacuer facilement la chaleur dégagée par la coupe du métal.

b. L e b e c

C'est la partie ouvrière de l'outil, on y trouve les angles caractéristiques.

Remarques — Le corps et le bec sont parfois de matières différentes ; ceci par esprit d'économie.
— Certains corps d'outils sont contrecoudés afin de dégager le bec suite aux fléchissements dus aux efforts.

3. ANGLES CARACTÉRISTIQUES

Les angles caractéristiques d'un outil peuvent se diviser en deux familles :

a. la première dépend de la nature et de la forme des surfaces à produire, qui déterminent la forme et la direction de l'arête tranchante (angle d'attaque, angle arrière, angle de pointe) ;

b. la seconde varie avec le métal à couper (angle de dépouille, angle de dégagement, angle de coupe, angle solide).

4. FORME

Chaque opération a déterminé son outil propre d'où il a le plus souvent tiré son nom.
L'exécution de deux surfaces semblables mais symétriques justifie l'emploi d'outils semblables symétriques.
De là sont nés les outils „A GAUCHE", „A DROITE", et „GAUCHE et DROITE" en fonction du sens d'avance adopté.

5. FIXATION

L'outil est fixé à un support composé de :

a. une c h a p e,

b. un b a t t a n t,

c. un système de serrage de l'outil.

QUESTIONNAIRE

1. *Quel inconvénient présente le carbure métallique quant à son utilisation en rabotage ? Quelle en est la conséquence ?*
2. *Dans le cas d'un corps d'outil rectangulaire, doit-on placer la plus grande dimension du rectangle suivant le sens de coupe ou suivant le sens d'avance ? Justifier la réponse.*
3. *Où se situe l'intérêt des outils réalisés en deux matières différentes ?*
4. *Comment se justifient les angles d'attaque et de dépouille frontale ?*
5. *Quelles sont les répercussions de l'angle d'attaque ?*
6. *En se servant d'une pelle à planer, choisira-t-on :*
   a. une petite avance ?
   b. une grande profondeur de passe ?
   Justifier la réponse.
7. *Suite à l'observation de la machine, décrire les différents mouvements que l'on rencontre sur le support d'outil.*

H. DÉPLACEMENT DE L'OUTIL

1. Vue d'ensemble

Le support d'outil étant monté sur le chariot porte-outil qui assure un mouvement auxiliaire de montée ou de descente de l'outil, cet ensemble (outil, support d'outil, chariot porte-outil) est fixé à un organe guidé dans les glissières rectilignes : le coulisseau.
L'organe moteur dont la puissance est transmise au coulisseau peut être, soit un moteur indépendant, soit une transmission générale mue par un moteur plus puissant.
Au cours des chapitres précédents, il a été établi que la vitesse de coupe doit être adaptée, d'une part à la longueur de la pièce, et d'autre part à la matière travaillée. Or, l'arbre de sortie de l'élément moteur ne peut être animé habituellement que d'une ou de deux vitesses, alors qu'une gamme de vitesses, la plus large possible, est nécessaire à l'adaptation de la vitesse de coupe.
On a résolu le problème par la mise en place d'un changement de vitesse immédiatement après l'élément moteur, ce qui augmente considérablement les possibilités de vitesses de l'outil.
Pour les étaux-limeurs à commande mécanique, les plus courants, un mécanisme est intercalé entre le changement de vitesse et le coulisseau ; en effet, il s'agit de transformer le mouvement circulaire continu de l'élément moteur en mouvement rectiligne alternatif du coulisseau.
La chaîne cinématique d'un étau-limeur à commande mécanique s'établit donc comme suit :

Moteur
↘
Changement de vitesse
↘
Transformation du mouvement du moteur
↘
Coulisseau
↘
Chariot porte-outil

2. Changement de vitesse

Longtemps, le système par poulies étagées ou gradin de poulies a été adopté ; il a été progressivement remplacé par le système „monopoulie", au fur et à mesure que la motorisation indépendante des machines succédait au système par transmission.

a. Poulies étagées

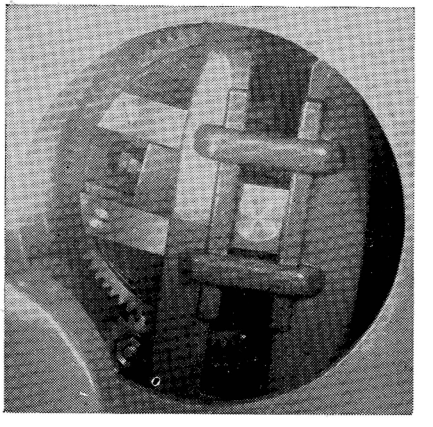
C'est le système adopté encore actuellement sur nombre de foreuses. Il est constitué par deux gradins de poulies orientés de façon inverse. La vitesse de rotation de l'arbre récepteur est fonction de la position de la courroie sur le gradin.
Pratiquement, on ne trouve plus d'étaux-limeurs équipés de poulies étagées. Ce système sera approfondi au cours de l'étude du tournage où le cas est plus fréquent.

b. Monopoulie

La vitesse de rotation du moteur est modifiée par des jeux de pignons assemblés en une boîte de vitesses. Le mouvement du moteur est transmis par une seule poulie, d'où la dénomination „MONOPOULIE".
La vitesse de rotation à la sortie de la boîte de vitesses dépend des positions respectives des pignons dont le changement de position est commandé par un levier. L'emplacement de la boîte de vitesses sur la machine est déterminé par le constructeur. Tous les changements de vitesse s'effectuent par la manœuvre de leviers dont les positions sont indiquées sur un tableau de la machine.

3. Transformation du mouvement du moteur

Le mécanisme de transformation par crémaillère et roue dentée n'est plus appliqué qu'aux machines à raboter d'une certaine importance (raboteuses) ; le système mécanique appliqué aux étaux-limeurs est celui par „BIELLE A COULISSE ET PLATEAU-MANIVELLE" (fig. 101) lequel, en plus de sa fonction propre de transformation du mouvement, présente l'avantage de réduire la durée du retour de l'outil grâce à une vitesse de retour plus rapide que la vitesse d'aller.



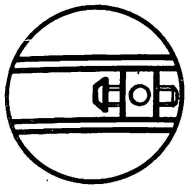
101

Le mécanisme bielle à coulisse et plateau-manivelle

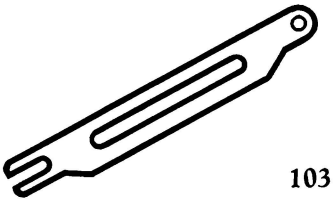
a. Description de principe

Le plateau-manivelle (fig. 102) commandé depuis le changement de vitesse porte une glissière dans laquelle coulisse un patin. L'écartement de celui-ci par rapport au centre est réglable grâce à un jeu de pignons actionnés de l'extérieur de la machine.

Sur le patin, on trouve un axe qui se loge dans la rainure de la bielle (fig. 103).



102



103

La bielle est fixée d'une part au coulisseau, et peut d'autre part pivoter autour d'un axe faisant partie du bâti.
Une longue boutonnière permet le coulissement de l'axe du patin du plateau-manivelle.

b. Fonctionnement

Le mouvement circulaire continu de l'axe du patin du plateau-manivelle se transforme en mouvement circulaire alternatif de la bielle autour du pivot du bâti grâce à la longue boutonnière qui permet le déplacement de l'axe.
Le mouvement circulaire alternatif de la bielle est transformé à son tour en mouvement rectiligne alternatif du coulisseau grâce à la glissière et à l'ouverture d'extrémité de la bielle qui compense la différence entre la corde et l'arc.
La longueur du déplacement du coulisseau (course) dépend du décentrage du patin du plateau-manivelle (fig. 104).

c. Retour rapide

Par définition même, le plateau étant animé d'un mouvement circulaire uniforme, la vitesse de rotation du patin est constante. Pendant que le patin effectue une révolution, la bielle se déplace une fois en „aller" et une fois en „retour".

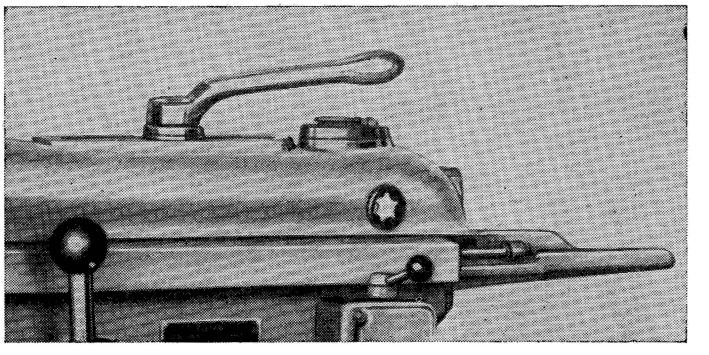
L'examen de la figure 105 montre que l'arc décrit par le patin pendant l'aller de la bielle (arc ABC) est plus grand que l'arc décrit pendant la course retour (arc CDA).
Le rapport entre la vitesse de l'aller et la vitesse du retour de la bielle, et par conséquent du coulisseau, est égal à celui existant entre les arcs décrits par le patin. Il dépend du rayon décrit par le patin, de la longueur de la bielle et de la position du point fixe de la bielle.
Le retour rapide est intéressant en ce sens qu'il réduit le temps inproductif consacré au retour de l'outil.

Remarque:

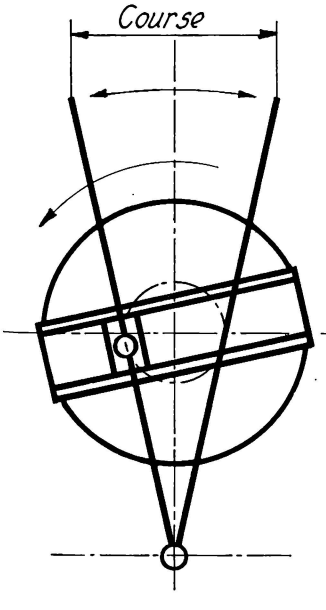
Souvent une biellette est adjointe à la bielle, ce qui permet de supprimer l'ouverture d'extrémité de celle-ci.

d. Fixation de la bielle au coulisseau

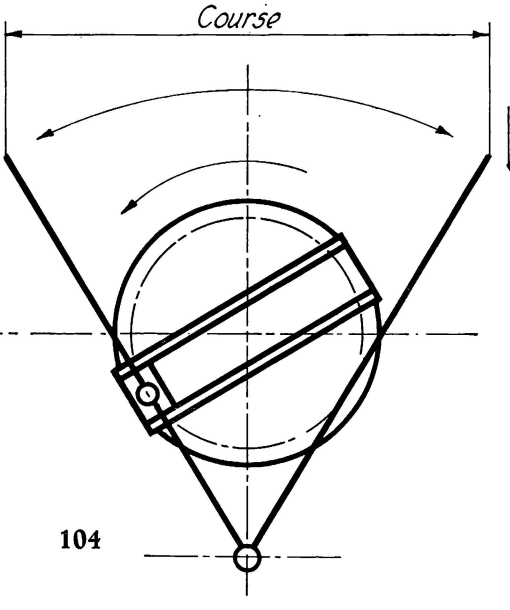
La bielle est fixée au coulisseau par l'intermédiaire d'un axe qui s'introduit dans une rainure. La position de cet axe peut être modifiée à volonté et bloquée définitivement par une poignée (fig. 106).
Cette méthode de fixation permet de situer correctement la course par rapport à la pièce.

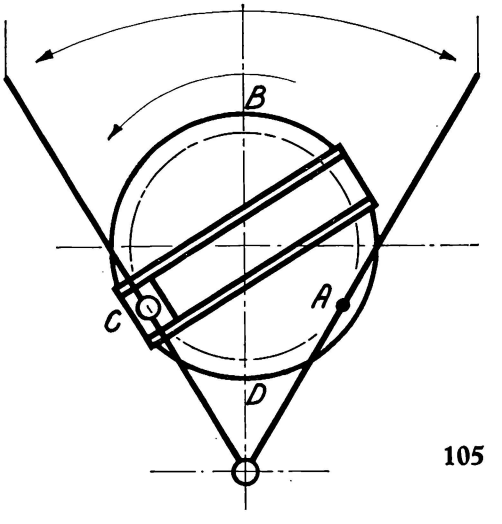


106



104





105

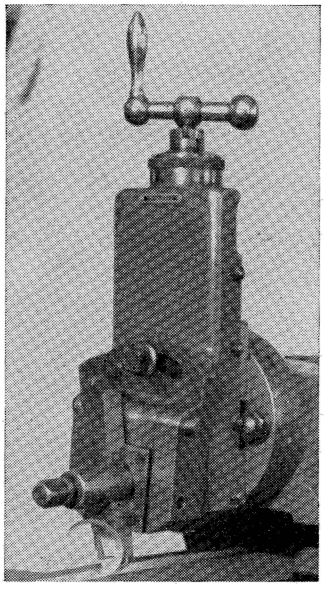
e. Remarque générale

Le coulisseau est guidé dans son mouvement par une glissière pratiquée à la partie supérieure du bâti, lequel englobe et protège tous les organes décrits plus haut.
Le bâti se termine à la partie inférieure par un **socle** ou **semelle** qui assure une bonne stabilité de la machine et permet de la fixer au sol.

4. Le chariot porte-outil

Il se compose de deux parties :

a. **Une semelle** orientable graduée, fixée en bout du coulisseau, dans laquelle une glissière est aménagée.



107

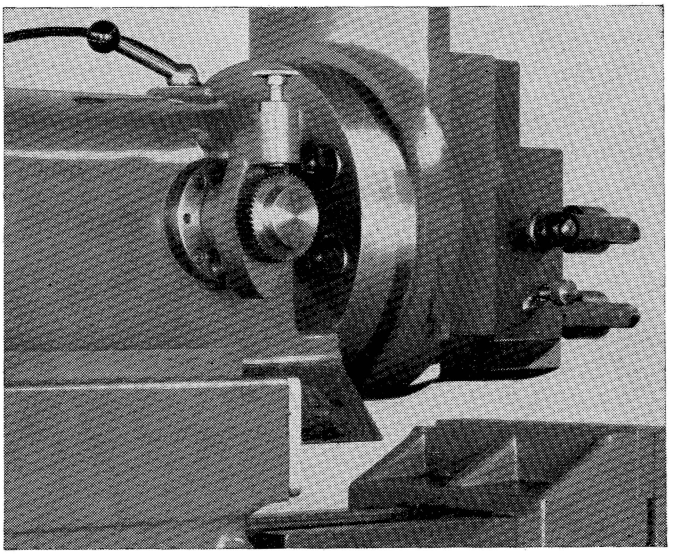
b. **Un chariot** qui y coulisse, actionné par vis et écrou. Un tambour gradué permet d'évaluer le déplacement du chariot en fonction du pas de la vis (fig. 107).

Remarques :

a. Les graduations de la semelle permettent de régler l'inclinaison du chariot à un angle déterminé.

b. Certaines machines sont équipées d'un mécanisme de commande automatique de montée ou de descente du chariot (fig. 108).

c. Le support d'outil est fixé au chariot.



108

RÉSUMÉ

L'OUTIL (suite)

6. DÉPLACEMENT (**Mouvement de coupe**)

La source de puissance étant un moteur, son mouvement est circulaire uniforme. Or, l'outil est animé d'un mouvement rectiligne alternatif. La transmission et la transformation du mouvement initial peut se faire par un dispositif mécanique qui comprend un changement de vitesse et un ensemble „plateau-manivelle - bielle". Le dispositif „plateau-manivelle — bielle" présente l'avantage d'un réglage de la course et celui d'assurer un retour de l'outil plus rapide que l'aller.
Cet ensemble se complète d'une poignée-écrou pour situer la course par rapport à la pièce.

7. DÉPLACEMENTS AUXILIAIRES

Un chariot porte-outil fixé en bout du coulisseau permet d'imprimer à l'outil un mouvement de montée ou de descente. Grâce à la semelle graduée du chariot porte-outil, il est possible d'orienter la trajectoire de l'outil suivant un angle déterminé.

QUESTIONNAIRE

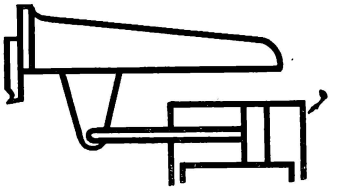
1. *Le sens de rotation du moteur a-t-il une grande importance ?*
2. *Tracer le diagramme des espaces parcourus par un point du coulisseau, sachant que le plateau-manivelle est animé d'un mouvement de rotation uniforme.*
3. *La vitesse de coupe de l'outil de l'étau-limeur est-elle constante ? Quelle est sa grandeur au moment où l'outil touche la pièce ?*
4. *Le coulisseau doit-il être lourd ou léger ? Justifier.*
   Doit-il être rigide ? Justifier.
   De ces remarques peut-on déduire le procédé technique qui a présidé à sa conception ? Quel est-il ?
5. *Pourquoi a-t-on pratiqué une boutonnière au lieu d'un alésage à l'extrémité de la bielle (voir fig. 103) ?*

5. *Commande hydraulique de l'outil*

La commande mécanique du coulisseau présente l'inconvénient principal d'une variation constante de la vitesse pendant toute la course du coulisseau. Cette variation est plus ou moins sensible suivant la longueur de la course.

Pour remédier à cet inconvénient et quand les machines atteignent des caractéristiques plus importantes, certains constructeurs appliquent un autre principe de commande du coulisseau.

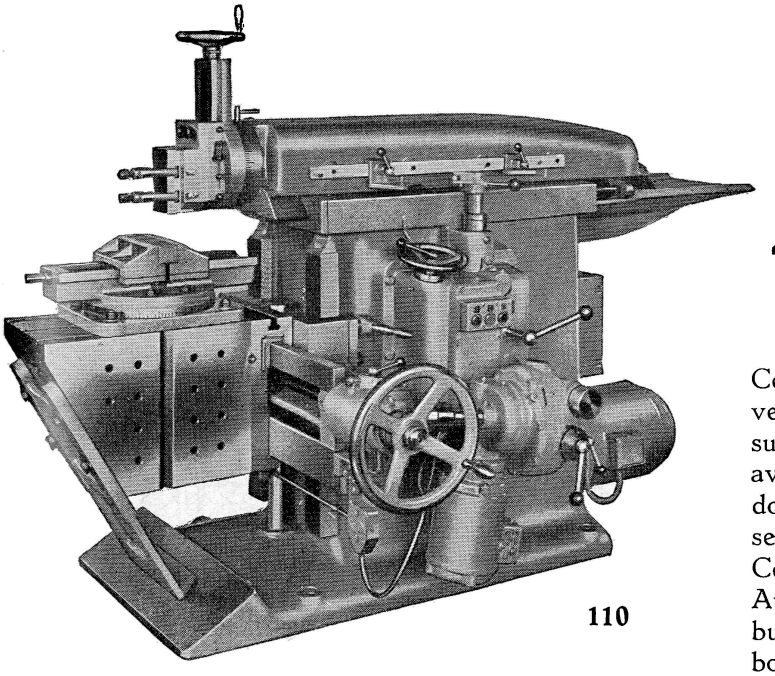
Le principe de la commande hydraulique est repris à la fig. 109. Le coulisseau est lié rigidement à un piston



109

qui sous l'action d'une huile introduite sous pression par une pompe se déplace dans un cylindre.

La machine se présente extérieurement comme montré à la fig. 110.



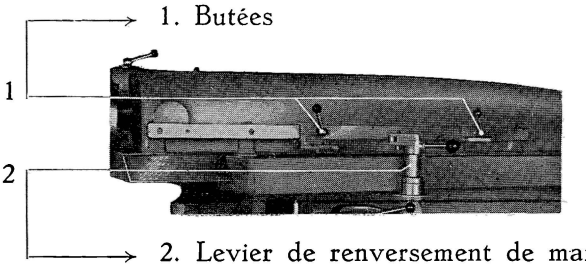
110

Au point de vue du fonctionnement, la différence essentielle entre la commande mécanique et la commande hydraulique réside dans la nature du mouvement obtenu. Ainsi qu'il a été dit plus avant, le mouvement du coulisseau de l'étau-limeur mécanique est une succession de mouvements accélérés et retardés. Tandis que dans le cas de l'étau-limeur hydraulique le mouvement du coulisseau est uniforme sur la plus grande partie de sa course : seuls les débuts et les fins de course s'effectuent en mouvement varié.

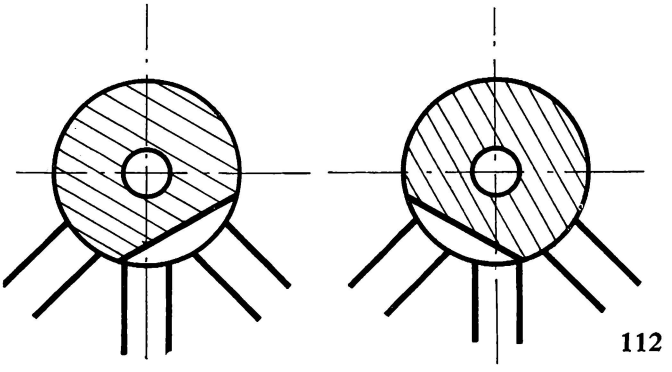
L'étau-limeur hydraulique présente aussi l'avantage de comprendre moins d'éléments de transmission de la puissance, d'où d'ailleurs la facilité de transmettre une grande puissance. Le rendement est cependant diminué par les pertes de pression dans les coudes des canalisations et par les divers étranglements.

Le problème particulier de la construction d'un étau-limeur hydraulique est celui du renversement de marche et de la limitation de la course.

On remarque, fig. 111, deux butées montées sur le coulisseau. Ces butées, déplaçables sur une règle, entrent alternativement en contact avec un levier à chaque fin de course. Ce dernier commande le renversement de marche du coulisseau.



111



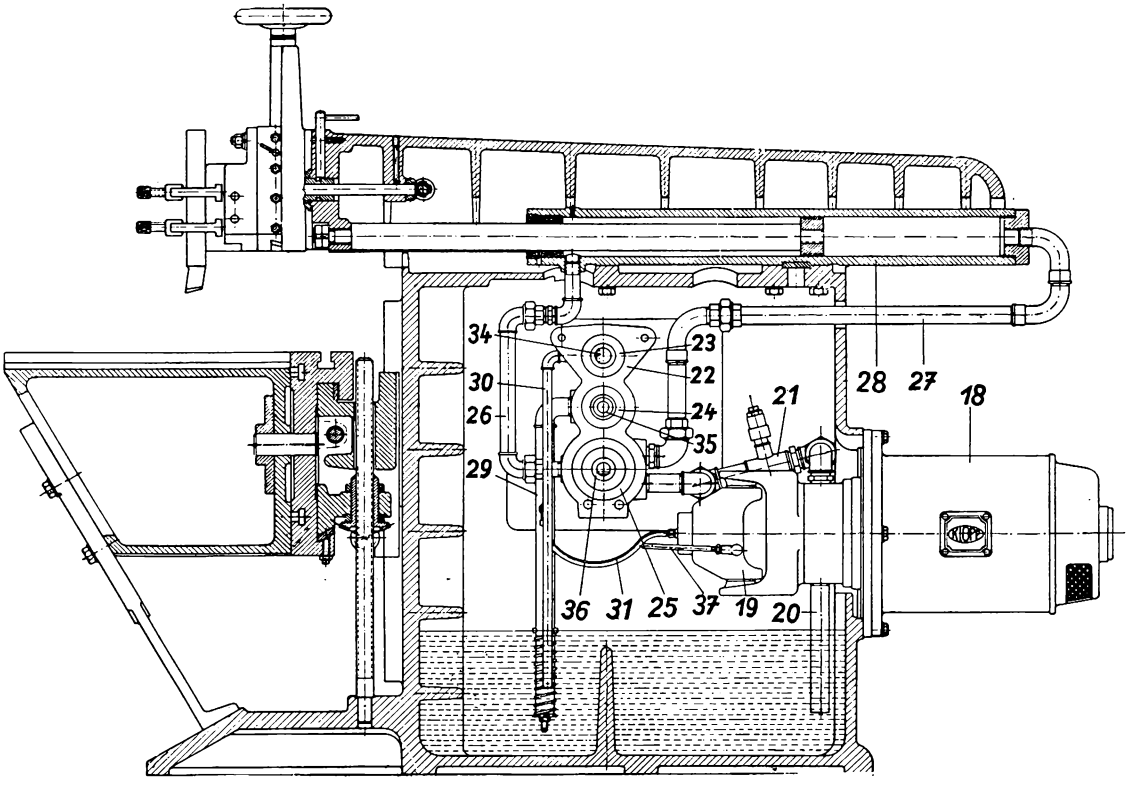
112

Ce levier commande l'un ou l'autre mécanisme de renversement de marche dont le plus compréhensible est le suivant. La pompe tournant d'une façon continue, l'huile, avant d'arriver dans le cylindre, passe par un robinet dont l'une des deux sorties est obstruée par un boisseau (fig. 112).

Ce dernier est fixé au levier de renversement de marche. Au moment où le coulisseau arrive en fin de course, la butée agit sur le levier de renversement et oriente le boisseau de façon à obstruer la sortie utilisée et à ouvrir la seconde. De cette façon, l'huile est envoyée sur l'autre face du piston et détermine l'inversion du mouvement du coulisseau.

Ce mécanisme n'est pas unique, chaque constructeur adapte le principe qui lui paraît le meilleur parmi ceux qui sont applicables et qu'il n'entre pas dans nos intentions de développer ici.

La commande hydraulique d'un étau-limeur se présente comme illustré, à titre d'exemple, à la fig. 113.



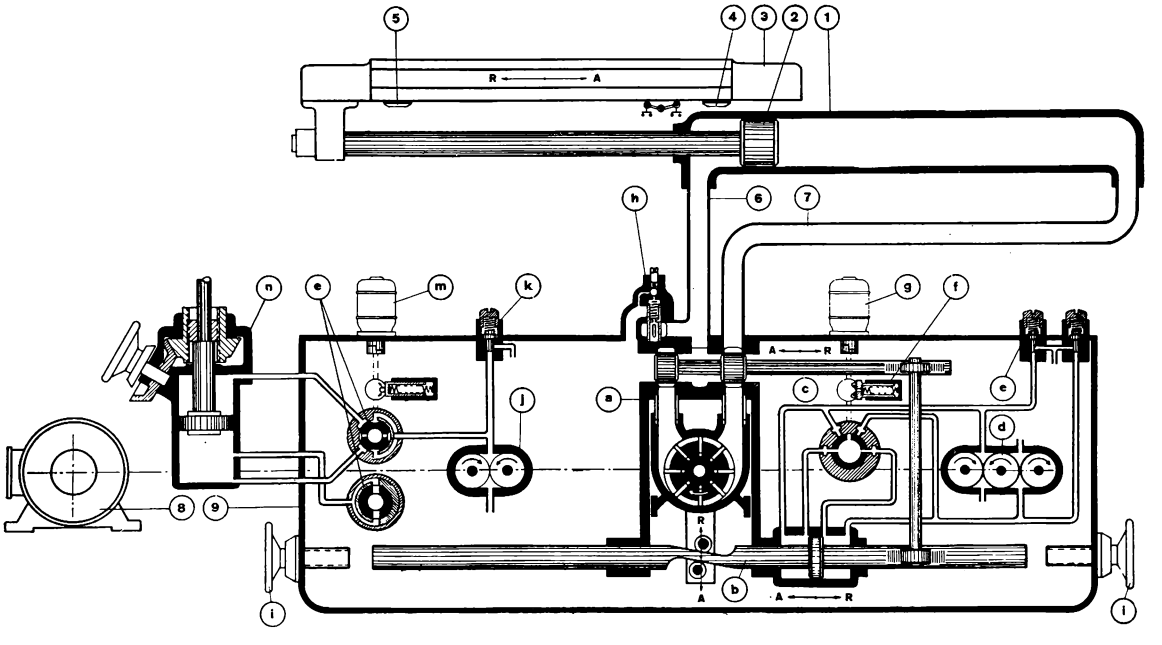
113

La commande hydraulique n'est pas l'apanage des seuls étaux-limeurs de grandes dimensions. Elle s'applique aussi aux raboteuses à table ainsi que le montre la fig. 114.

6. Comparaison entre les étaux-limeurs mécaniques et les étaux-limeurs hydrauliques

En ce qui concerne le mouvement transmis à l'outil, l'étau-limeur hydraulique est de loin plus intéressant que l'étau-limeur mécanique. Les différences de mouvement se marquent d'autant plus que la course est grande, d'où d'ailleurs l'application du principe hydraulique aux gros étaux-limeurs.

Un autre avantage, loin d'être négligeable, est de posséder une gamme de vitesses pratiquement illimitée entre les vitesses extrêmes permises, contrairement aux étaux-limeurs à commande mécanique qui ne disposent généralement que de quatre ou six vitesses.



114

Les étaux-limeurs hydrauliques présentent cependant l'inconvénient d'être équipés d'un réseau de tuyauteries assez imposant. Ces tuyauteries se détériorent évidemment avec le temps ce qui, à l'usage, cause de plus en plus d'ennuis.

RÉSUMÉ

LA COMMANDE HYDRAULIQUE DU COULISSEAU

Le coulisseau est lié à un piston qui se déplace dans un cylindre sous l'action d'une huile envoyée dans le cylindre par une pompe.
Le renversement de marche en fin de course s'effectue grâce à deux butées agissant alternativement sur un levier de renversement. Ce dernier commande un mécanisme qui oriente l'huile sous pression sur l'une ou l'autre face du piston.
Les étaux-limeurs hydrauliques présentent l'avantage de transmettre à l'outil un mouvement pratiquement uniforme. Le principe hydraulique s'adapte plus facilement que le principe mécanique aux machines de grande capacité.
La gamme de vitesses très étendue de ces machines rend d'autant plus appréciable leur commande hydraulique.

QUESTIONNAIRE

1. *Comment se comporte la distribution d'huile en cas de blocage du coulisseau soit par accident, soit par mauvais réglage de la machine ?*
2. *Sur quel principe de physique (ou de mécanique) repose l'obtention d'une grande poussée sur le coulisseau alors que la pression obtenue à la pompe se limite à quelques kg/cm² ?*
3. *A votre avis, l'imcompressibilité des liquides se vérifie-t-elle dans le cas d'une telle machine ?*

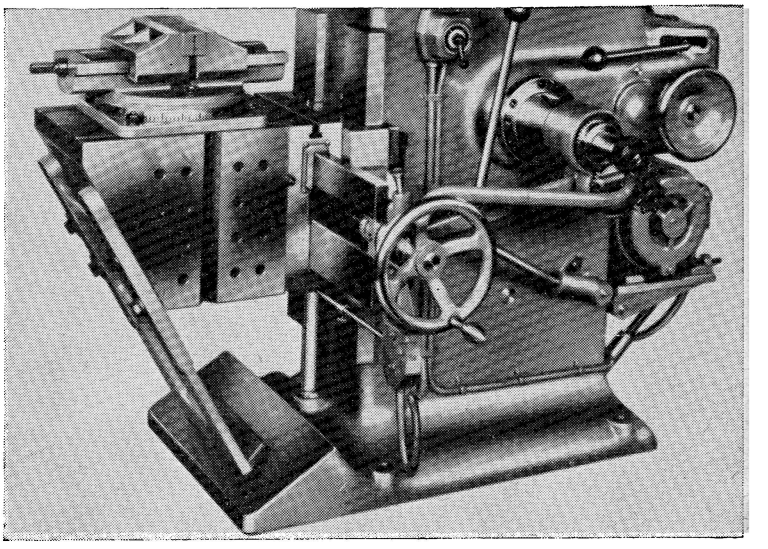
III. LA PIÈCE

A. VUE D'ENSEMBLE

La pièce est, soit pincée dans un étau lui-même porté par la table, soit attachée par clamage directement sur la table qui constitue donc l'organe porte-pièce.

La table est d'une part fixée à un chariot porte-table, et d'autre part supportée par une béquille qui réduit l'effort supporté pendant la coupe du métal par le chariot porte-table (fig. 115).

Le chariot porte-table coulisse sur une glissière transversale appelée „traverse" ; celle-ci peut se déplacer sur une autre glissière verticale faisant partie du bâti.



115

B. LA TABLE

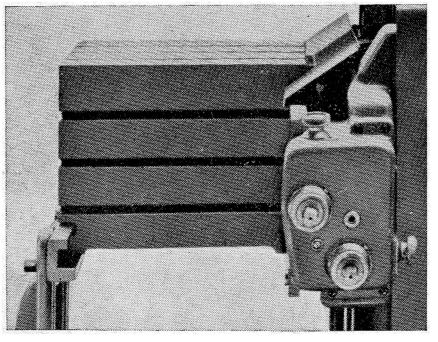
Elle est caractérisée par sa forme de caisson prismatique et offre trois surfaces d'appui planes, perpendiculaires entre elles et parallèles au mouvement de coupe de l'outil.

Elle est creuse et présente sur les trois faces des rainures en té, des lumières, éventuellement une rainure en vé, ceci pour permettre la fixation d'objets sur les trois faces.

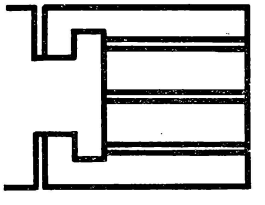
Différents types de tables

1. La table monobloc (fig. 116 et 117)

C'est la table la plus simple, elle est très rigide.
Les faces restent parallèles au mouvement de coupe.



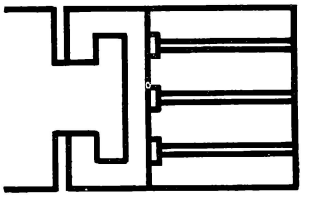
116



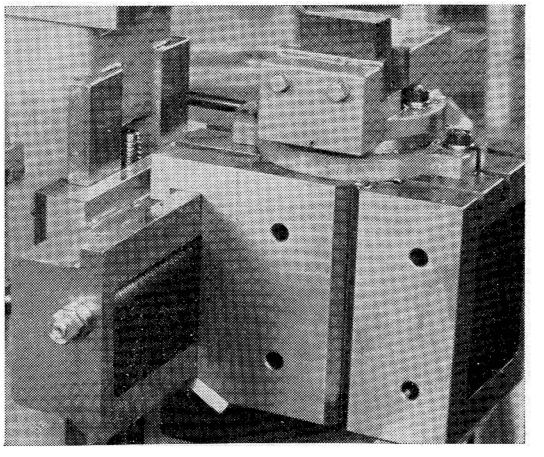
117

2. La table démontable (fig. 118 et 119)

La table proprement dite est montée sur un chariot de traverse ou coutre-table.
Il est possible de démonter la table et de fixer des pièces volumineuses directement sur la contre-table.
Les faces d'appui restent parallèles au mouvement de coupe.



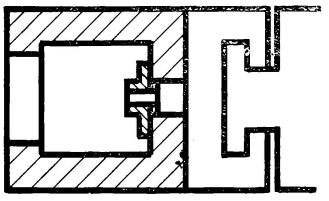
118



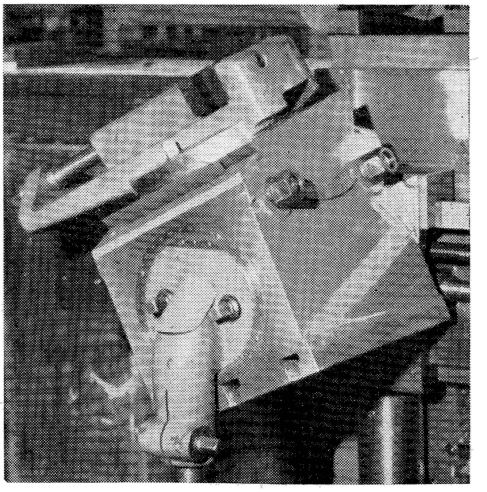
119

3. La table inclinable (fig. 120 et 121)

Elle est orientable autour d'un axe parallèle au mouvement de coupe.
D'une façon générale, toute table inclinable est démontable, ce qui en fait la table offrant le plus de possibilités.



121



120

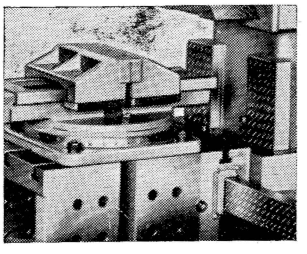
C. FIXATION DES PIÈCES

La pièce doit occuper une position déterminée sur l'organe porte-pièce. Pour cela, il faut la dégauchir, c'est-à-dire placer la pièce de façon que la face à usiner soit parallèle au mouvement de coupe et au mouvement d'avance. Reste alors à la fixer, ce qui comprend une mise à butée et la fixation proprement dite.

L'ensemble de ces opérations prend le nom d'„**ABLOCAGE**".

1. Ablocage en étau (fig. 122)

L'étau ordinaire à base tournante ou fixe est d'utilisation simple et rapide. Il convient pour l'ablocage de pièces de faibles dimensions et de forme régulière.
Le dégauchissage s'effectue, suivant les cas, au moyen de parallèles, du trusquin, du comparateur, ou encore de calibres.



122

2. Ablocage sur la table (fig. 123)

Il convient pour les pièces de grandes dimensions ou de forme compliquée. Cette méthode de fixation de pièce se divise nettement en trois parties :
dégauchissage — mise à butée — fixation.

a. Dégauchissage

Le dégauchissage consiste à situer géométriquement les plans de référence déterminés par le traçage ou par des usinages préalables.
Les faces de référence sont alignées parallèlement ou perpendiculairement aux faces d'appui de la table et aux mouvements de coupe et d'avance.
Cette opération se réalise au moyen de cales, de coins, éventuellement de vérins. Elle se contrôle au trusquin, au niveau, à l'équerre ou au comparateur.

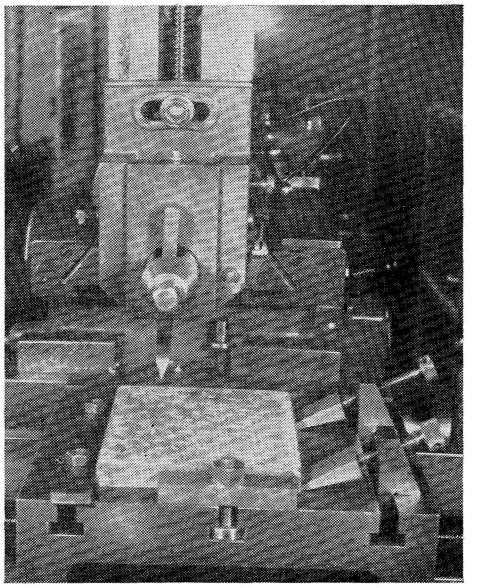
b. Mise en place (à butée)

Les butées, placées dans les rainures de la table, s'opposent au déplacement longitudinal comme au déplacement transversal de la pièce sous l'action des efforts de coupe.
Quand plusieurs pièces identiques doivent recevoir le même usinage, les butées servent à maintenir les pièces dans une position identique.

c. Fixation

La pièce, dégauchie et posée, est immobilisée par un dispositif de fixation tel que : brides et boulons, mâchoires à vis...
Trois précautions élémentaires s'imposent pendant la fixation.

— Pour éviter les déformations dues au serrage, il importe de caler judicieusement la pièce aux endroits flexibles, avant le blocage.



123

— Si les clames sont utilisées pour la fixation, le boulon doit se situer le plus près possible de la pièce et le blochet doit être écarté au maximum du boulon. (Rappel de mécanique : décomposition d'une force en deux autres parallèles).

De plus, le point d'action de la clame doit se placer au-dessus des endroits supportés.

— Les dispositifs de fixation ne doivent pas encombrer le passage et la sortie de fin de course de l'outil.

D. DÉPLACEMENT DE LA PIÈCE

La table est fixée au chariot porte-table ; celui-ci, par l'intermédiaire de glissières superposées, permet de lui communiquer deux mouvements :

1. Un mouvement principal,

le mouvement transversal, qui donne le plus souvent l'avance.

2. Un mouvement secondaire,

de montée ou de descente du chariot porte-table sur les glissières du bâti.

Remarques :

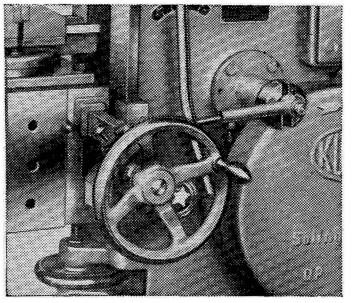
a. Les deux mouvements sont perpendiculaires entre eux et au déplacement du coulisseau.
b. Le mouvement de montée ou de descente n'est utilisé que pour compenser de grandes différences de hauteur entre la pièce et l'outil.
Pendant le travail, les glissières de ce mouvement sont bloquées sur le bâti afin de réduire les effets néfastes de l'effort de coupe.
c. Le déplacement suivant les deux mouvements est commandé par vis et écrou.

Alors que le mouvement de montée est simplement manuel, le mouvement transversal peut être automatique.

Le mouvement automatique d'avance de la table

L'avance automatique de la table est commandée par un dispositif mécanique (fig. 124) comprenant :

a. Un système **„cliquet-roue à rochet"** fixé au bout de la vis de commande du chariot porte-table.

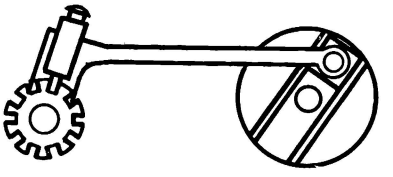


124

b. Un système **„bielle-manivelle à maneton réglable"** entraîné en même temps que le plateau-manivelle.

Fonctionnement (fig. 125)

La mise en marche, l'arrêt, ainsi que l'inversion de sens de l'avance automatique, sont déterminés par l'orientation du cliquet.



125

Le mouvement circulaire continu du maneton est transformé en mouvement circulaire alternatif du cliquet. L'amplitude du mouvement de ce dernier dépend du décentrage du maneton. On peut ainsi, par le réglage du maneton, obtenir des rotations de la vis de commande du chariot porte-table, multiples de la valeur d'une dent de la roue à rochet.

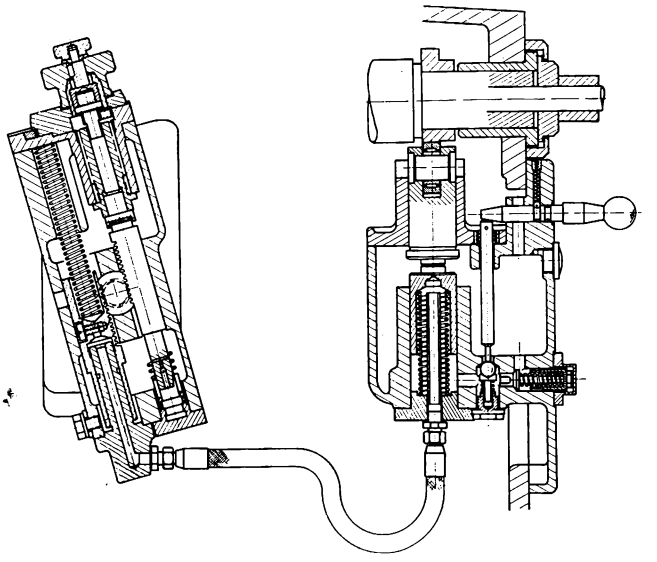
Remarque sur le mouvement automatique

Il importe d'éviter de conjuguer les mouvements de coupe et d'avance pendant l'**„aller"** de l'outil. Il faut donc veiller à ce que le décentrage du maneton soit orienté de façon que l'avance se donne pendant le **„retour"** de l'outil.

L'avance automatique de la table peut aussi être commandée par un dispositif hydraulique dont la fig. 126 montre une application.

Dans le cas illustré, une came montée sur l'extrémité de l'axe du plateau-manivelle agit sur un piston lequel transmet une pression d'huile sur un second piston appelé „piston crémaillère". Ce dernier agit à son tour sur une roue dentée montée sur la vis de la table.

Le dispositif hydraulique présente le grand avantage de permettre à l'opérateur un réglage de l'avance indépendant du nombre de dents du pignon. C'est pourquoi on rencontre des étaux-limeurs à commande mécanique du coulisseau et à commande hydraulique de l'avance. L'inverse est cependant également vrai : il existe des étaux-limeurs à commande hydraulique du coulisseau et à commande mécanique de l'avance.



126

RÉSUMÉ

LA PIÈCE

La table, organe porte-pièce, est fixée à un chariot porte-table et supportée par une béquille, bien que certaines machines en soient dépourvues.
Le chariot porte-table peut être animé de deux mouvements : a. transversal,
b. de montée ou de descente

1. LA TABLE

Elle a la forme d'un caisson creux et présente trois surfaces d'appui, perpendiculaires entre elles. Sur ces surfaces, on trouve des rainures en té, ou en vé, et des lumières.

Types de tables
a. Table monobloc
b. Table démontable
c. Table inclinable.

2. FIXATION DES PIÈCES

L'ablocage est l'ensemble des opérations nécessaires pour situer la surface à usiner parallèle simultanément au mouvement de coupe et au mouvement d'avance.

a. Ablocage en étau
Pour pièces de forme régulière et de dimensions réduites.

b. Ablocage sur table
Pour pièces de forme compliquée et de plus grandes dimensions, l'opération se divise distinctement en ses trois parties :
— dégauchissage,
— mise en place ou à butée,
— fixation, par clames, brides, etc...

3. DEPLACEMENT

Mouvement principal : c'est le mouvement transversal. Il donne le plus souvent l'avance ; il est commandé manuellement ou automatiquement.
L'automatisme est dû au dispositif „BIELLE-MANIVELLE A MANETON REGLABLE" — „CLIQUET-ROUE A ROCHET", qui lie la table au mouvement de coupe.
On rencontre également des mécanismes hydrauliques d'avance. Ces derniers sont indépendants du mode de commande du coulisseau.
Il est essentiel que le mouvement d'avance succède au mouvement de coupe.
Mouvement secondaire : c'est le mouvement de montée ou de descente. Il est commandé manuellement. Les glissières sont toujours bloquées sur le bâti pendant le travail.

QUESTIONNAIRE

1. *Expliquer pourquoi le battant doit avoir un mouvement de rotation vers l'avant.*
2. *Quelles précautions spéciales demande l'ablocage par clames?*
3. *Le boulon de la clame doit-il se placer près de la pièce ou près du blochet? Justifier la réponse.*
4. *L'existence de la béquille sur l'étau-limeur a-t-elle une influence sur la production? Expliquer.*
5. *Où se trouve l'intérêt:*
   a. *de la table démontable?*
   b. *de la table orientable?*

IV. LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE

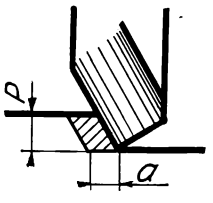
A. REMARQUES GÉNÉRALES SUR LE RABOTAGE DES SURFACES

Ce qui a été établi au cours du premier chapitre est valable aussi pour le rabotage, c'est-à-dire que dans tout rabotage il faut, en principe, distinguer l'ébauche et la finition.

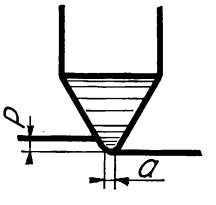
Cette distinction se remarque aux grandeurs de la profondeur de passe et de l'avance de chacune des opérations.

Ainsi donc, les passes d'ébauche ayant comme fonction l'enlèvement d'une importante quantité de matière, le temps consacré à cet effet sera d'autant plus réduit que la profondeur de passe et l'avance seront grandes (fig. 127).

Ces deux facteurs sont évidemment limités par la puissance de la machine et de l'outil.



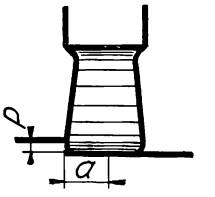
127



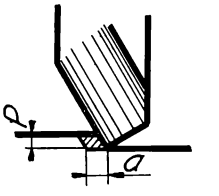
128

Quant aux passes de finition, leur fonction est de donner à la surface rabotée un fini en rapport avec la précision des mesures exigées et avec la fonction de la surface; elles seront donc caractérisées par une profondeur de passe et un avancement relativement peu importants (fig. 128).

Cette règle n'est pas absolue, car la forme de l'outil peut intervenir dans le choix de l'avance ainsi qu'il est montré à la fig. 129.



129



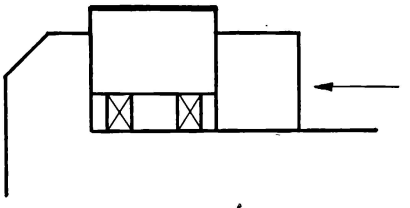
130

Dans le cas particulier d'usinage au moyen de la pelle à planer, il est inutile et même nuisible que l'avancement soit petit.

Lorsque le rabotage est suivi d'une autre opération de parachèvement (rectification), il n'est pas nécessaire d'opérer une finition de la surface; on se contente alors d'une **„demi-finition"** qui, au point de vue de la profondeur de passe et de l'avancement, se situe entre l'ébauche et la finition (fig. 130).

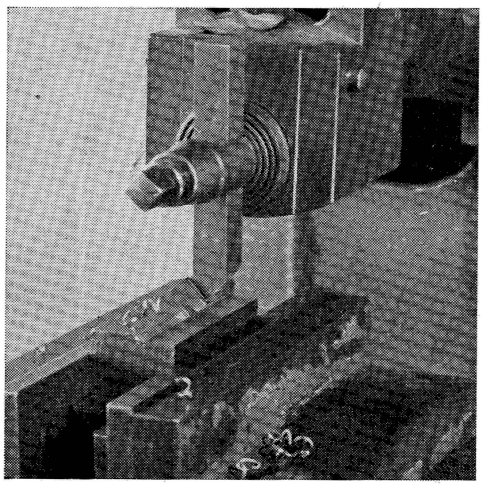
B. RABOTAGE DES VOLUMES RÉGULIERS EN ETAU

La pièce brute est pincée directement entre les mors, et dégauchie, s'il est nécessaire, au moyen de parallèles (fig. 131 et 132).



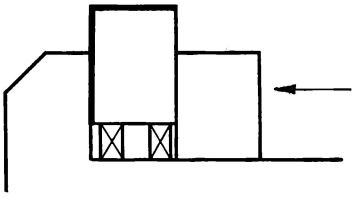
131

La face supérieure est rabotée ; elle constitue une première surface de référence.



132

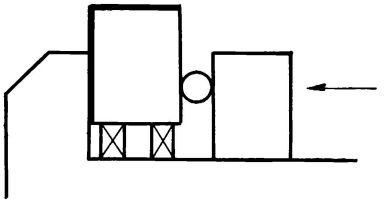
La surface ainsi obtenue est alors appuyée contre le mors fixe, lequel est, en principe, perpendiculaire au plan du mouvement d'avance (fig. 133).



133

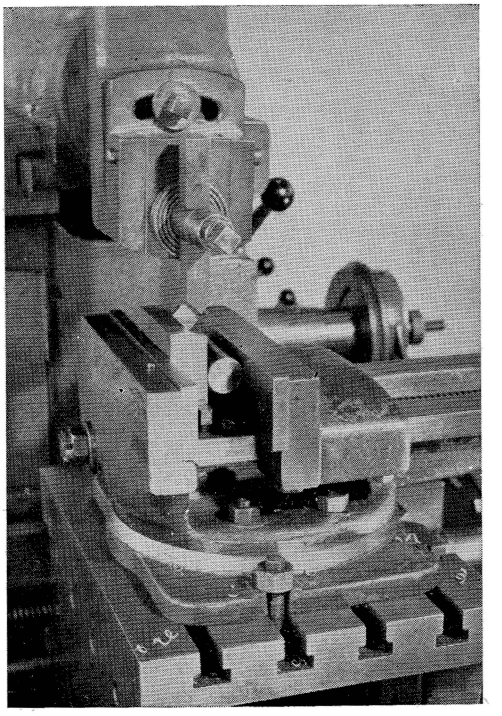
Le rabotage de la face supérieure constitue la réalisation d'une seconde surface de référence perpendiculaire à la première.

Il est d'une importance primordiale que la première surface de référence se place correctement contre le mors fixe. Aussi, pour éviter d'une part l'influence de l'usure de l'étau, et d'autre part la différence de parallélisme des surfaces sur lesquelles le serrage s'effectue, certaines précautions sont prises au moment du blocage.



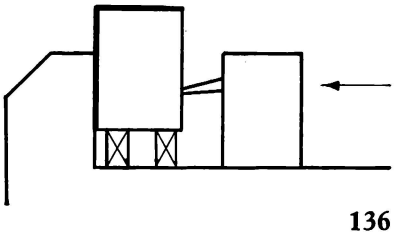
134

1. On peut placer un rondin entre la pièce et le mors mobile (fig. 134 et 135).

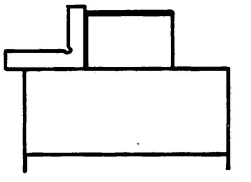


135

2. Ou bien, au lieu du rondin, on peut utiliser une pincette ou coin (fig. 136) dont la fonction est identique à celle du rondin : assurer une portée parfaite de la face de référence sur le mors fixe.

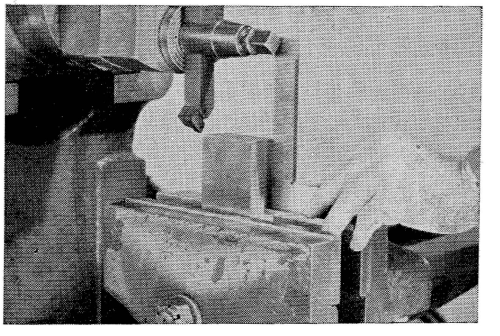


136



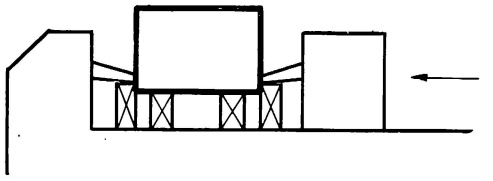
137

Les troisième, quatrième et cinquième faces sont usinées, pincées de la même façon que pour l'usinage de la seconde. La pièce occupe alors des positions décalées de 90°, tout en conservant l'appui de la première face de référence sur le mors fixe.



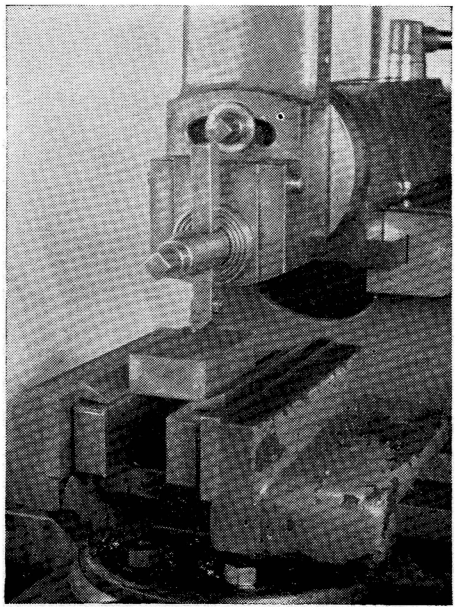
138

La précision de la perpendicularité entre les faces relève alors d'un dégauchissage contrôlé à l'équerre (fig. 137 et 138) ou assuré par un appui sur les parallèles. Pour l'usinage de la dernière face, la pièce est serrée entre des pincettes placées à même hauteur ; le parallélisme entre la face usinée et la face de référence est assuré par des parallèles (fig. 139 et 140).



139

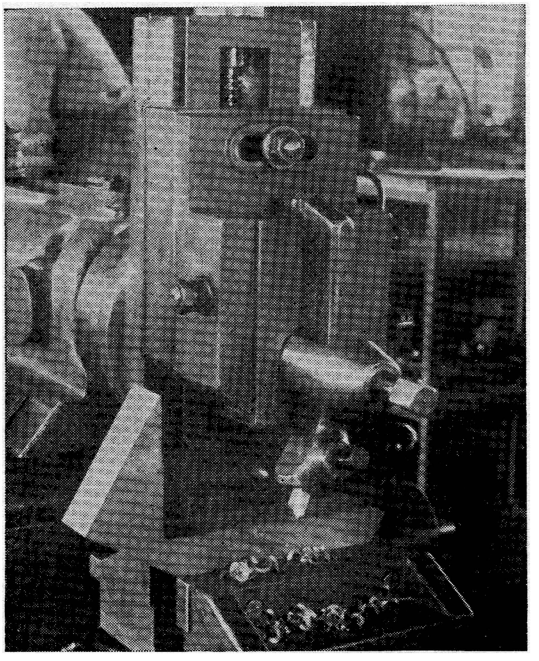
Cette méthode peut aussi être employée pour serrer la pièce avant l'usinage des faces parallèles aux deux premières faces de référence, à la condition que les épaisseurs soient suffisamment fortes de façon que l'appui sur les parallèles ait une certaine étendue.



140

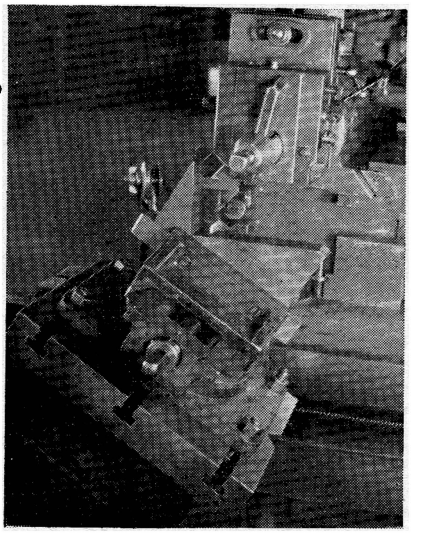
C. RABOTAGE DES SURFACES OBLIQUES

L'une des deux méthodes courantes est adoptée selon la forme de la pièce et la situation de la face à raboter sur la pièce.
Le choix dépend aussi du type de machine disponible et encore du nombre de pièces à usiner qui, lui, peut justifier la fabrication d'un montage spécial.



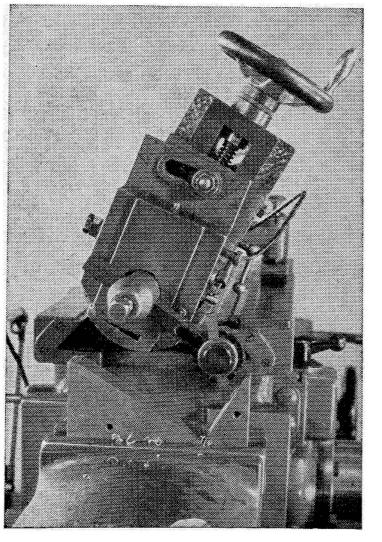
141

La première méthode consiste à placer la face à usiner parallèlement au plan du mouvement de coupe et au plan du mouvement d'avance, soit par clamage sur la table ou la contre-table, soit par serrage dans l'étau (fig. 141), soit par orientation de la table inclinable (fig. 142). Le dégauchissage se fait au moyen du trusquin, du niveau, du comparateur, selon la précision demandée et les possibilités offertes.

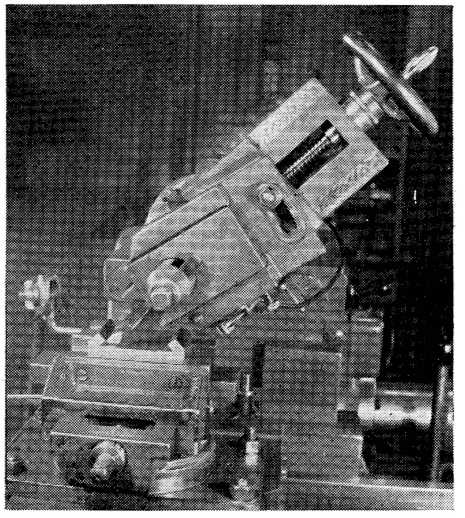


142

Le mouvement de rotation du chariot porte-outil introduit la seconde méthode.



143



144

Il est en effet possible d'orienter le mouvement du chariot porte-outil selon un angle déterminé par rapport aux faces de la table. Les graduations de la semelle permettent d'en estimer la valeur.
Dans ce cas, le mouvement d'avance vient du chariot porte-outil, tandis que la profondeur de passe est donnée par le déplacement de la table.
Quand la seconde méthode est employée, il faut incliner le battant de façon que l'outil se dégage de la face pendant le retour de l'outil (fig. 143 et 144).

Remarque sur le rabotage de faces verticales

Le rabotage des faces verticales est un cas particulier du rabotage oblique (angle = 90°). Les principes développés plus haut sont valables pour ce cas particulier.

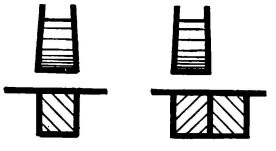
D. RAINURAGE

Remarque générale

Le rainurage n'est possible que pour des rainures rectilignes qui débouchent aux deux extrémités.
Il s'impose dans le cas de pièces volumineuses et de grande longueur non admises sur la fraiseuse.
La vitesse de coupe pour le rainurage est réduite à la moitié de sa valeur normale.

1. Rainures droites

La rainure est défoncée en une ou plusieurs passes à l'outil à saigner (fig. 145).
La finition s'effectue, soit flanc par flanc avec le même outil, soit en une opération avec un outil calibré.

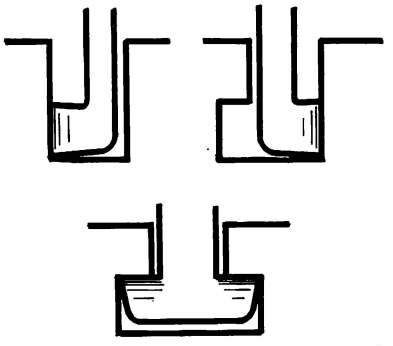


145

2. Rainures en té

La rainure est ébauchée comme une rainure droite (fig. 146).

146



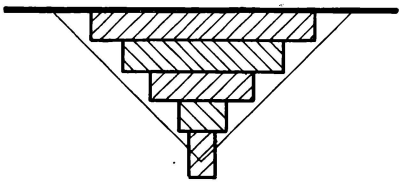
147

Le rainurage latéral s'effectue avec un outil coudé à rainurer gauche, puis avec le même outil à droite.

Les faces supérieures sont parachevées ensemble avec un outil spécial qui assure la position des faces sur le même plan (fig. 147).

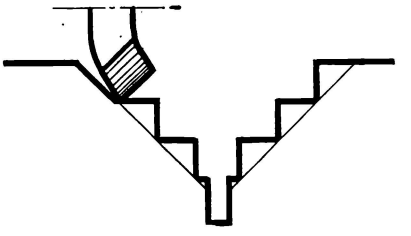
3. Rainures en vé

Les rainures de petites dimensions sont réalisées à l'aide d'un outil à forme.



148

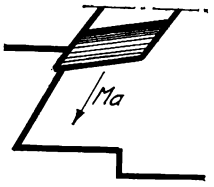
Les rainures de dimensions plus importantes sont d'abord ébauchées, comme le montre la figure 148, en une succession de rainures droites de largeur progressivement réduite. La dernière rainure constitue le dégagement du fond.
Les faces latérales sont alors ébauchées puis finies à l'outil à dresser les angles (fig. 149).



149

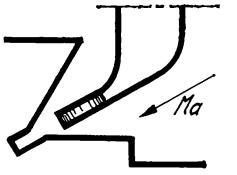
4. Rainures en queue d'aronde

La rainure est d'abord ébauchée comme une rainure droite.



150

151



152

Les flancs sont ensuite dégrossis, puis finis avec un outil à dresser les angles (fig. 150).

La dernière passe sur le flanc s'achève par la finition du fond de la rainure (fig. 151).

Eventuellement l'opération se termine par la réalisation du dégagement de l'angle (fig. 152).

RÉSUMÉ

LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE

Remarque.
L'avance et la profondeur de passe doivent être adaptées à l'opération entreprise et à la forme de l'outil choisi pour effectuer l'opération.

1. RABOTAGE DE VOLUMES RÉGULIERS

Principe (dans le cas le plus courant)
Raboter une face de base, qui servira de référence pour l'usinage des quatre surfaces qui lui sont perpendiculaires. La dernière face est rabotée parallèle à la face de base.

Précautions à prendre :
a. appuyer la face de base contre le mors fixe,
b. intercaler un rondin ou un coin pour compenser les défauts du mors mobile,
c. utiliser les coins pour raboter les faces parallèles.

2. RABOTAGE DES FACES OBLIQUES

1re méthode
Orienter la pièce pour que la face à usiner soit parallèle aux mouvements de coupe et d'avance ; soit par clamage sur la table ou la contre-table ou par serrage dans l'étau par orientation de la table inclinable.

2ème méthode
Incliner le chariot porte-outil de l'angle de la face à usiner. Le mouvement d'avance est alors donné par le chariot porte-outil.
Précaution à prendre : orienter la chape pour dégager l'outil pendant la course retour.

3. RAINURAGE

Le rainurage n'est possible que pour des rainures rectilignes qui débouchent aux deux extrémités.
Il se pratique surtout sur des pièces longues et volumineuses non admises sur la fraiseuse.
Il consiste principalement en l'utilisation rationnelle d'outils à forme appropriés à la forme de la rainure à usiner, compte tenu des dépouilles nécessaires.

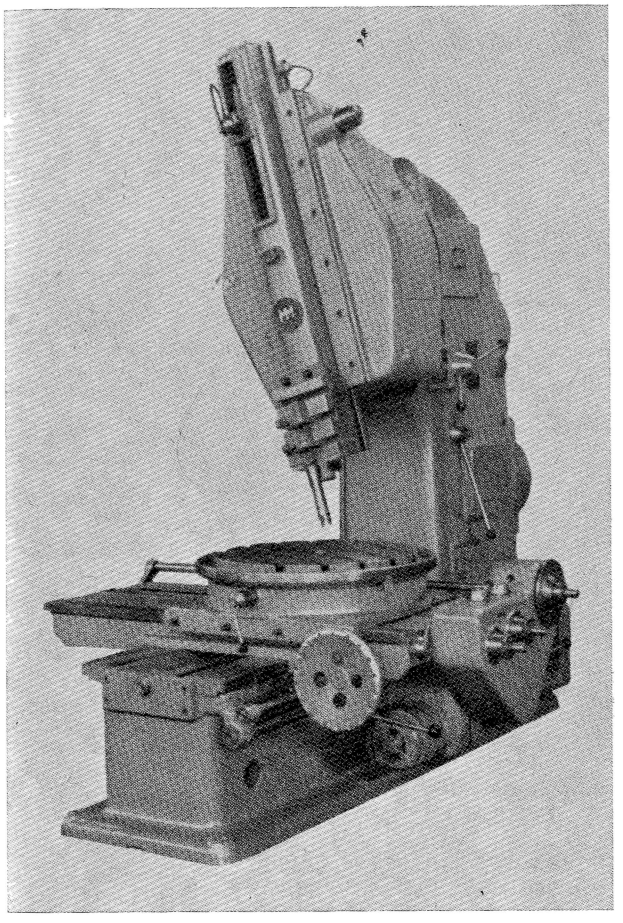
QUESTIONNAIRE

1. *Décomposer l'effort exercé sur le coin par la mâchoire de l'étau. En déduire l'intérêt du serrage sur coins.*
2. *Quels sont les réglages indispensables à effectuer avant de raboter une face en bout à l'aide du chariot porte-outil ?*
3. *Comment expliquer l'inclinaison à donner à la chape lors du rabotage d'une face oblique ?*
4. *Quel doit être l'angle de pointe d'un outil pour raboter une rainure latérale de 45° d'ouverture ?*

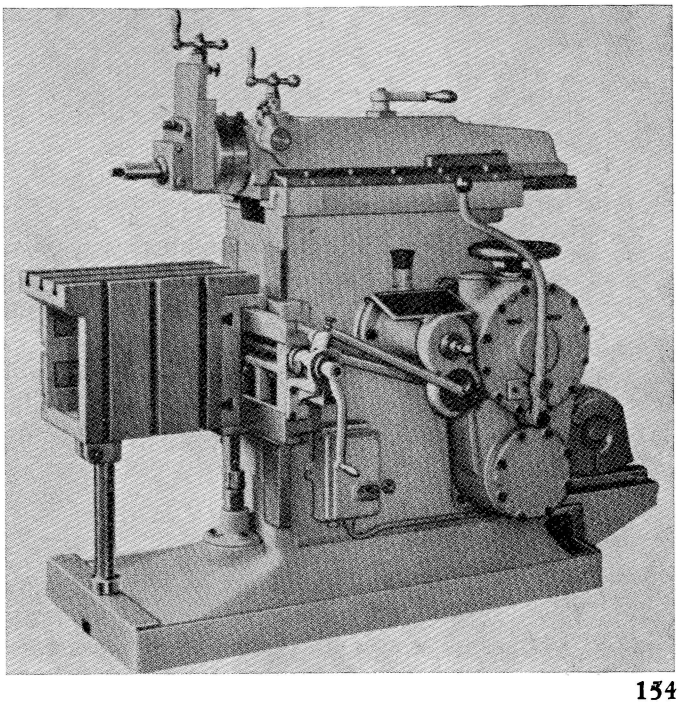
V. LE MORTAISAGE

A. GÉNÉRALITÉS

Comme il a été dit, le mortaisage est l'opération de rabotage des surfaces intérieures. La machine employée est la MORTAISEUSE.
Bien que toute différente au premier abord, la mortaiseuse est construite sur un principe identique à celui de l'étau-limeur. En effet, il suffit d'imaginer que le coulisseau de l'étau-limeur soit placé verticalement pour qu'apparaisse la mortaiseuse. Quant à la table restant déplaçable le long de glissières perpendiculaires de réglage, elle s'appuie sur le socle du bâti afin de résister directement aux efforts (fig. 153 et 154).
La différence essentielle entre les deux machines réside dans les mouvements. Dans le cas de la mortaiseuse, l'outil est animé uniquement du mouvement de coupe, la profondeur de passe et l'avance sont transmises à la pièce.



153



154

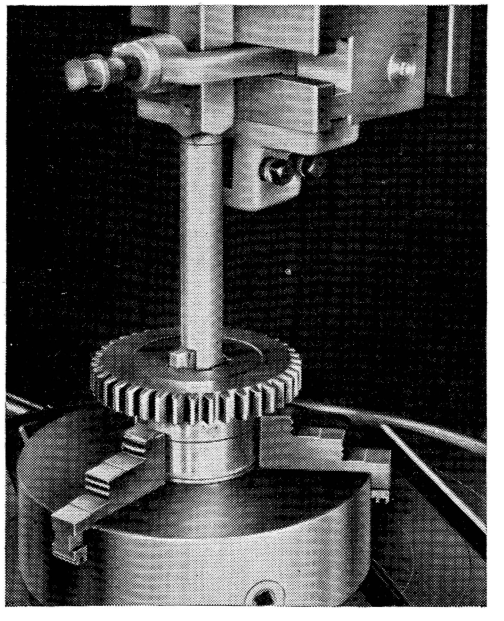
B. L'OUTIL

1. Constitution

En principe, ce qui a été dit pour le rabotage est valable pour le mortaisage. Evidemment, il est ici question d'usinage intérieur ; en conséquence les outils sont adaptés à leur utilisation, ce qui les rend différents bien que comparables aux outils de rabotage (fig. 155).

2. Angles caractéristiques - Forme des outils

Les notions étudiées au cours du rabotage sont absolument applicables.
La forme de l'outil dépend essentiellement de l'opération à effectuer.



155

3. Déplacement de l'outil

La chaîne cinématique de l'étau-limeur se retrouve dans celle de la mortaiseuse, à l'exception du chariot porte-outil qui ne trouve plus maintenant sa raison d'être.

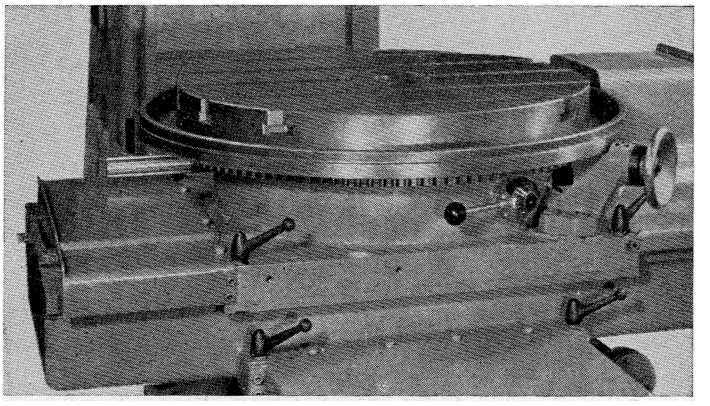
Moteur
↘
Changement de vitesse
↘
Transformation du mouvement du moteur
↘
Coulisseau porte-outil

Dans le cas des mortaiseuses mécaniques, il s'agit toujours de transformer un mouvement circulaire continu en mouvement rectiligne alternatif. Le plus souvent, les constructeurs appliquent le principe „bielle-manivelle". Certains transposent directement le mécanisme de l'étau-limeur mécanique afin d'obtenir un retour rapide.
Tout comme dans le cas des étaux-limeurs, on rencontre des mortaiseuses à commande hydraulique. Ces dernières présentent vis-à-vis des mortaiseuses mécaniques les mêmes avantages et inconvénients que les étaux-limeurs hydrauliques par rapport aux étaux-limeurs mécaniques.

C. LA PIÈCE

1. Vue d'ensemble

Ainsi qu'il a été dit, la pièce doit recevoir deux mouvements ; le mouvement d'avance et la profondeur de passe. La table doit donc pouvoir se déplacer suivant deux plans perpendiculaires entre eux.
Le plus souvent, la table est circulaire et peut être animée d'un mouvement de rotation sur elle-même (fig. 156). Elle est prévue pour permettre l'ablocage des pièces.

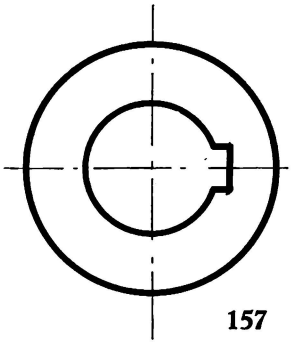


156

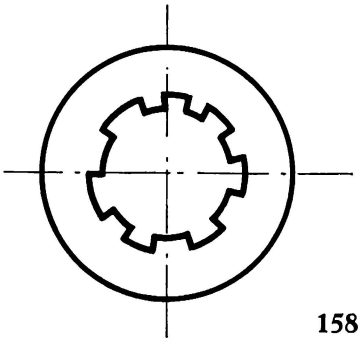
2. Déplacement de la pièce

Chaque mouvement de la table est indépendant des autres. Leur commande peut être réalisée de multiples façons : soit manuellement par vis-écrou ou roue et vis sans fin pour le mouvement circulaire, soit automatiquement, soit encore hydrauliquement.

D. POSSIBILITÉS DE LA MACHINE

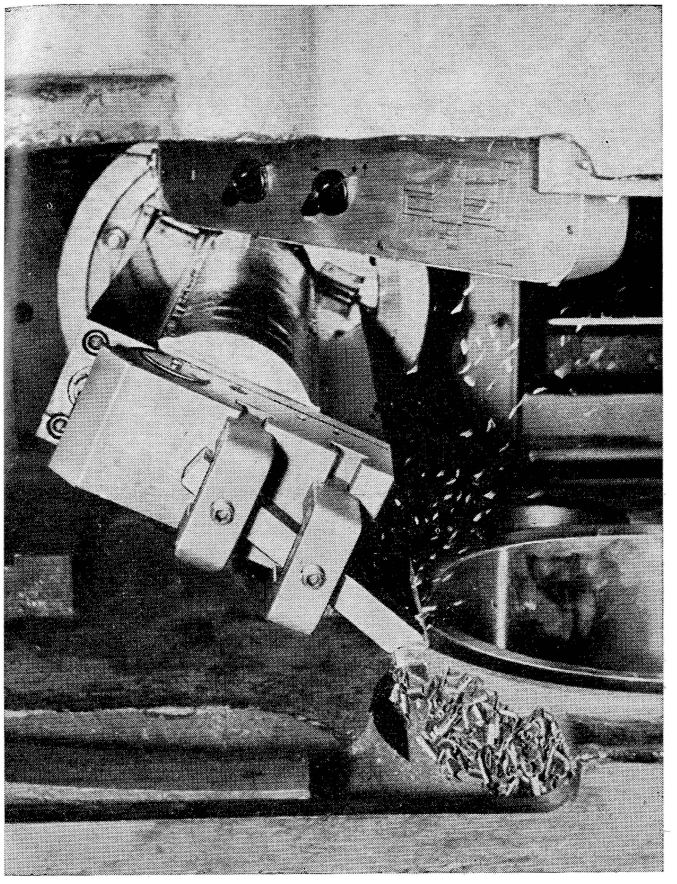


157



158

Les applications de mortaisage sont multiples, mais sont le plus souvent des opérations de RAINURAGE intérieur. Rainurages qui sont de difficulté variable partant du plus simple (fig. 157) jusqu'à des formes plus complexes comme par exemple la fig. 158.
Ce dernier travail implique non seulement un mouvement circulaire de la table, mais aussi une division régulière de la circonférence de base. Cette dernière est possible grâce à un indexage de la table qui permet les divisions élémentaires (2 - 3 - 4 -...). On obtient ainsi un mortaisage circulaire.
Les possibilités des mortaiseuses ne se limitent pas là. Il est bien évident que toutes les formes intérieures peu-



159

vent être usinées à condition que, comme dans le cas du rabotage, l'outil puisse sortir de la matière en fin de course.
Il est même possible d'effectuer du rabotage, rien ne s'opposant au fait que l'outil travaille à l'extérieur de la pièce (fig. 159).

RÉSUMÉ

LE MORTAISAGE

1. TERMINOLOGIE
Le mortaisage est l'opération de rabotage des surfaces intérieures.

2. MACHINE
La machine-outil utilisée est la mortaiseuse.

3. L'OUTIL
La chaîne cinématique de la mortaiseuse est identique à celle de l'étau-limeur. La mortaiseuse ne comporte cependant pas de chariot porte-outil car la pièce est animée du mouvement d'avance et reçoit la profondeur de passe.
La puissance transmise à l'outil provient soit d'un moteur électrique, la chaîne cinématique comprenant dans ce cas un mécanisme de transformation du mouvement, soit d'un moteur actionnant un dispositif hydraulique.

4. LA PIÈCE
La pièce est abloquée sur une table le plus souvent circulaire. Cette dernière est solidaire de deux chariots superposés dont les déplacements sont perpendiculaires.
La pièce peut donc recevoir trois mouvements :
— deux mouvements rectilignes suivant chacun des chariots,
— un mouvement circulaire dans le plan de la table.
La commande des chariots peut être mécanique ou hydraulique.

5. LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE
Habituellement les mortaiseuses sont employées à l'usinage de rainures de formes diverses.
Parfois, on utilise des mortaiseuses pour raboter.

QUESTIONNAIRE

1. *Quelle précaution doit-on prendre lors de l'ablocage d'un pignon dans lequel on doit usiner une rainure de cale ?*

VI. CONTRÔLE DE LA MACHINE

L'étau-limeur est une machine-outil capable de façonner des pièces dont la précision varie de 0,05 à 0,2 mm. Les chiffres sont légèrement supérieurs dans le cas de la mortaiseuse.
Pour garantir ces résultats, les constructeurs s'appliquent à réaliser des mécanismes dix fois plus précis dans leurs parties essentielles, dont les tolérances de fabrication sont reprises et définies par des normes.

A la réception d'une machine-outil ; il importe de s'assurer de la qualité de sa fabrication ; de plus, ces contrôles s'imposent au cours de son utilisation — ceci afin de dépister les défauts dus à l'usure.
La vérification de la machine comprend deux parties. Chacune est décrite et définie par des normes internationales (normes Salmon et Schlessinger).

A. VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE

Les contrôles principaux comprennent, pour l'étau-limeur :
— la planéité de la face supérieure de la table et des faces latérales ;
— la perpendicularité des faces latérales et de la face supérieure de la table ;
— le parallélisme du plan du mouvement de coupe et des faces de la table ;
— le parallélisme ou la perpendicularité des rainures et du plan du mouvement de coupe ;
— le parallélisme du plan du mouvement d'avance et de la face supérieure de la table.

B. VÉRIFICATION PRATIQUE

Les opérations principales comprennent :
— le rabotage et le rainurage d'un parallélépipède rectangle de dimensions déterminées ;
— le rabotage d'une équerre de montage de dimensions déterminées.

Remarque :

En cas de discordance entre les résultats de la vérification géométrique et des essais pratiques, les résultats de ces derniers font autorité.

RÉSUMÉ

LE CONTRÔLE DE LA MACHINE

On contrôle la machine, afin de déterminer la qualité de sa fabrication, quand elle est neuve ; les défauts dus à l'usure, après une utilisation plus ou moins longue.

Le contrôle comprend deux parties :

1. la vérification géométrique qui indique les écarts entre les surfaces et les axes principaux, au strict point de vue géométrique de leurs situations respectives ;

2. la vérification pratique est la transposition sur le plan pratique des points repris au contrôle géométrique ; ils font autorité en cas de discordance des résultats.

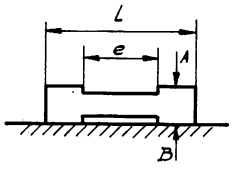
Les différents contrôles font l'objet de normes internationales (Salmon et Schlessinger).

QUESTIONNAIRE

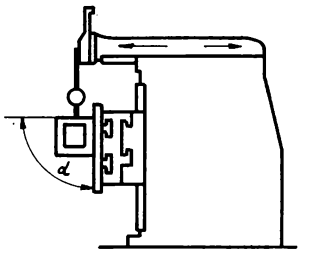
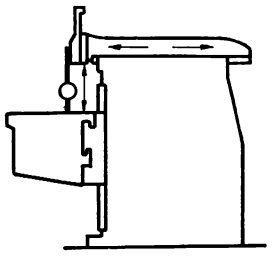
Pour quelles raisons peut-il y avoir discordance entre les contrôles géométriques et pratiques ?

Exemples de vérifications effectuées pour le contrôle d'un étau limeur de précision suivant les normes Salmon.*

1. Ex. d'épreuves pratiques

Schémas et dimensions de la pièce d'essai	Nature de l'épreuve	Conditions d'exécution de l'épreuve	Vérifications prévues	Appareils et modes opératoires recommandés	Erreur en millimètres	
					tolérée	constatée
Mise à épaisseur d'un bloc  $e = \frac{1}{2}$ Largeur l égale aux $\frac{2}{3}$ de la largeur de la table L. Longueur maximum égale aux $\frac{2}{3}$ de la course. Nature de la pièce : acier (R = 60 kg. : mm2).	Usinage des faces A et B	1. Dégrossir la face B 2. Dégrossir la face A 3. Finir la face A 4. Finir la face B	Les faces A et B sont parallèles	Palmer	0,03 sur 300	

2. Ex. de vérifications géométriques

Schémas	Objet de la mesure	Appareils de mesure recommandés	Erreur en millimètres	
			Tolérée	Constatée
 	**Coulisseau et cuirasse de table** Cette vérification s'applique aux étaux limeurs dont la table est démontable.) Perpendicularité de la face avant de la cuirasse de table au déplacement du coulisseau	Niveau à cadre, règle de précision, amplificateur à cadran	0,03 sur 300 a $\leq$ 90°	
	**Table et coulisseau** (Cette vérification s'applique aux tables munies ou non d'un support à l'avant.) Parallélisme du déplacement du coulisseau avec la face supérieure de la table	Amplificateur à cadran	0,02 sur 300	

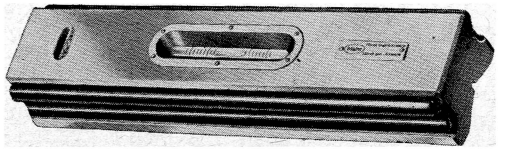
* P. Salmon - Machines - outils, réception et vérification. Ed. Soc. de publications mécaniques - Paris.

VII. INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

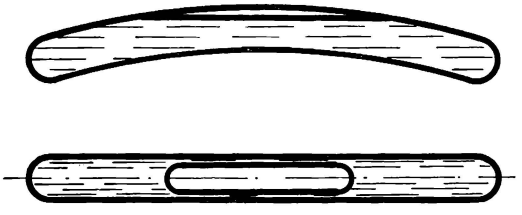
Pour contrôler géométriquement une machine, deux instruments de mesure sont principalement employés : le niveau à bulle et le comparateur. A ce contrôle ne se limite pas l'emploi de ces instruments, ils trouvent en mécanique une gamme d'applications très étendue.

Le niveau à bulle

Le niveau à bulle ordinaire se présente sous l'aspect d'un tube de verre ou FIOLE enchassé dans un socle métallique (fig. 160). Ce tube possède une particularité : il est courbé. Cette caractéristique fait que, le tube étant presque complètement empli d'un liquide, le vide résiduel se présente sous la forme d'une bulle d'un aspect bien particulier (fig. 161).



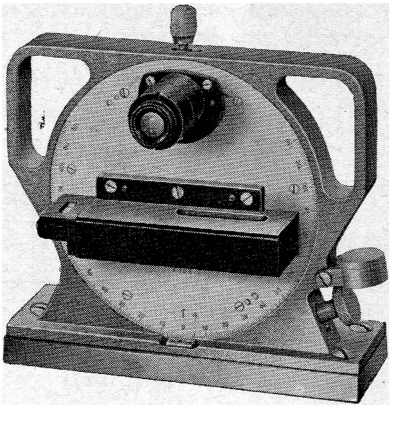
160



161

La surface supérieure du liquide se situe toujours suivant le plan horizontal. Il suffit donc de repérer les limites extérieures de la bulle, lorsque le tube étant placé dans le socle, ce dernier repose sur une surface horizontale. Les repères ainsi tracés servent à situer, par rapport au plan horizontal, la position de la surface sur laquelle on posera le niveau. Le tube est gradué de part et d'autre des repères premiers. Ces graduations correspondent à des écarts définis de l'horizontalité. Ainsi, une graduation d'un niveau de précision équivaut-elle à un écart de 0,02 mm sur un mètre de longueur.

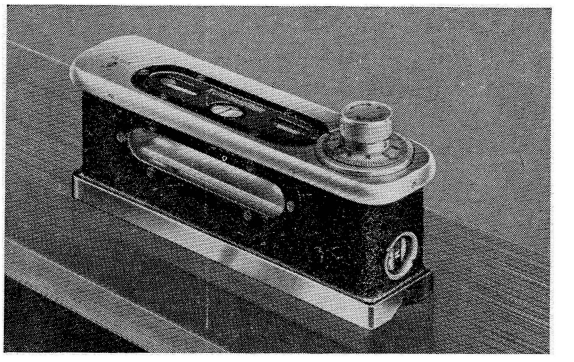
La précision du niveau dépend de la planéité de la face d'appui et de la courbure du tube. Un tube très courbé est beaucoup moins précis qu'un tube à peine cintré.



162

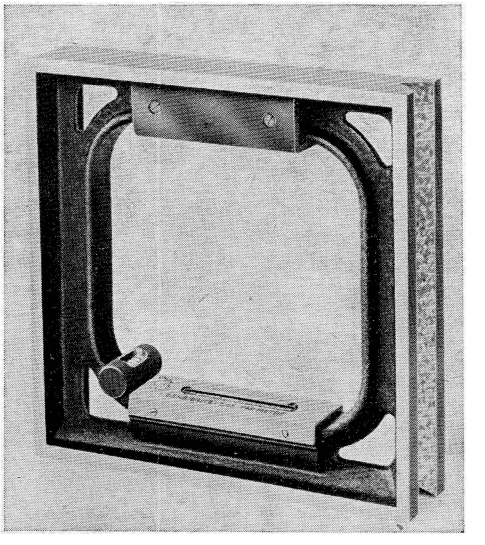
Le niveau ordinaire ne renseigne pas d'angle mais simplement des écarts. Partant du même principe, des instruments similaires ont été construits. Ainsi par exemple, le niveau fig. 162. Comme le montre la figure, le niveau est fixé à un disque gradué mobile. Pour obtenir une lecture, il suffit donc d'orienter le niveau pour placer la bulle entre repères et lire sur le disque l'inclinaison de la surface contrôlée.

Le niveau, fig. 163, est construit sur un principe semblable. Dans ce cas, les déplacements sont commandés par une vis micrométrique.



163

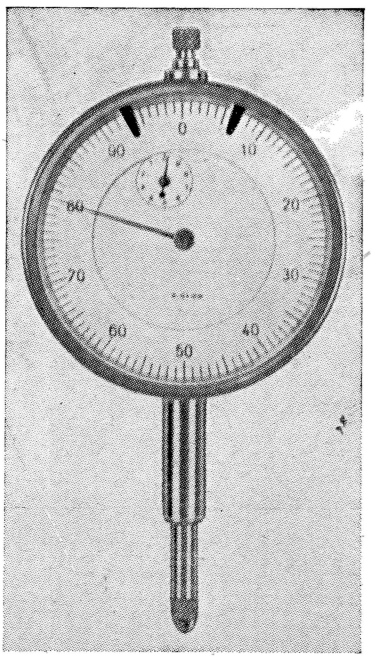
La figure 164 montre un niveau particulier : le niveau à cadre. L'observation de l'illustration montre que ce dernier instrument comporte quatre surfaces d'appui au lieu d'une. Ces quatre surfaces étant perpendiculaires entre elles, il est donc possible de vérifier la position verticale avec un niveau. De même d'ailleurs est-il possible d'appuyer le niveau sur une surface en surplomb, ce qui est impossible avec un niveau ordinaire.



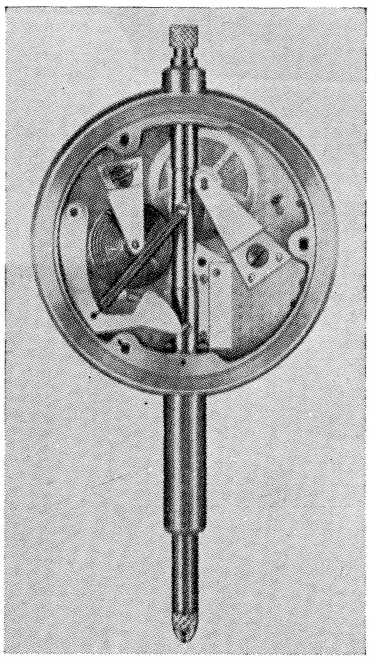
164

Le comparateur

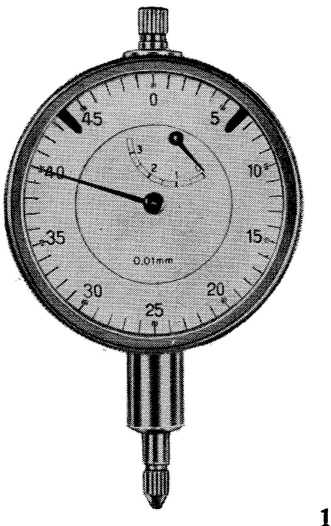
Comme l'indique son nom, le comparateur est un instrument de comparaison. Il se présente sous l'aspect d'une



165



166

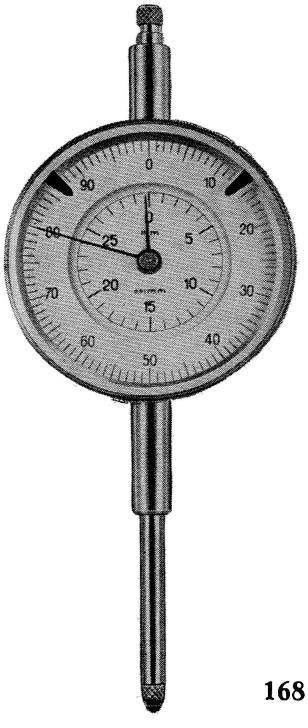


167

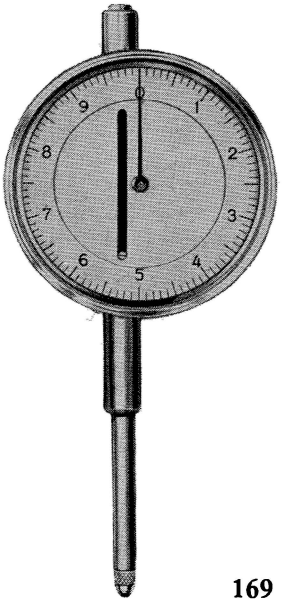
montre (fig. 165). Le principe est le suivant : un palpeur rappelé par un ressort transmet son mouvement par crémaillère et pignon à une aiguille qui se déplace devant un cadran gradué (fig. 166). La précision de mesure de l'instrument dépend évidemment du nombre d'engrenages qu'il comporte et du rapport de ces derniers, ainsi que de l'exactitude et de la sensibilité des organes de transmission.

L'application de ce principe donne lieu à des instruments allant du comparateur à petite course (fig. 167) au comparateur à grande course (fig. 168).

La précision de l'instrument varie d'autre part entre 0,1 mm (fig. 169) et 0,001 mm (fig. 170).

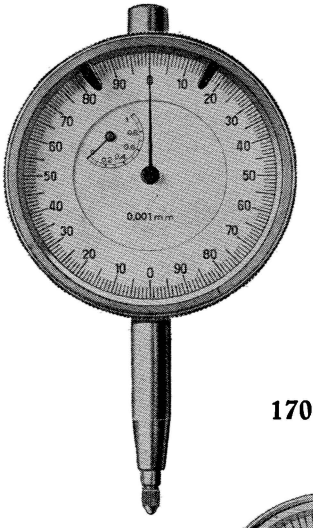


168

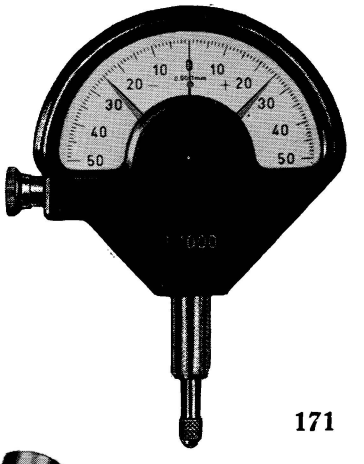


169

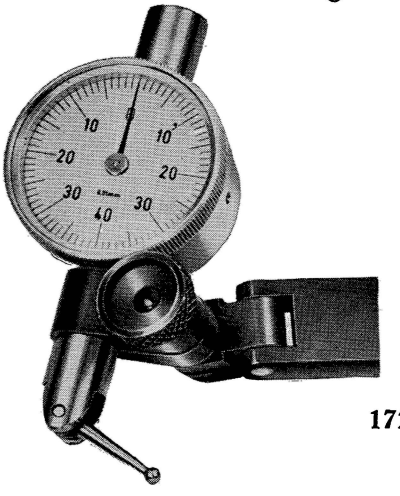
L'instrument n'emprunte pas toujours la forme caractéristique de la montre. Certains comparateurs, le plus souvent de précision se présentent parfois sous la forme de la fig. 171. D'autres sous la forme bien particulière de la fig. 172.



170

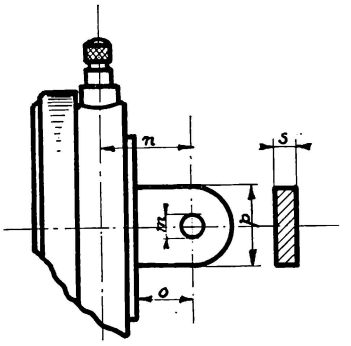


171



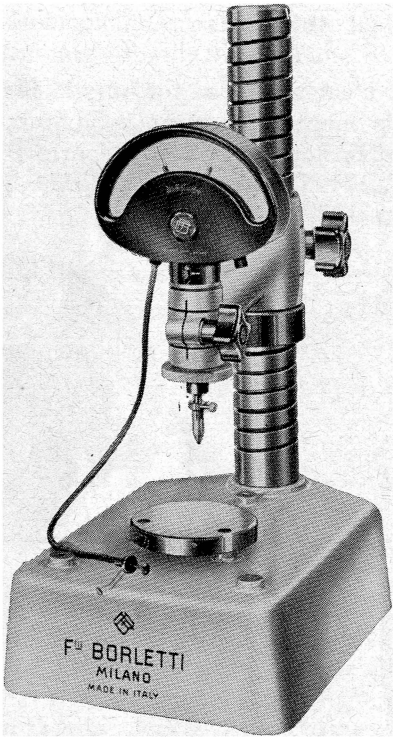
172

Le comparateur se fixe à un support, soit par la douille cylindrique inférieure, soit par un oeillet (fig. 173).



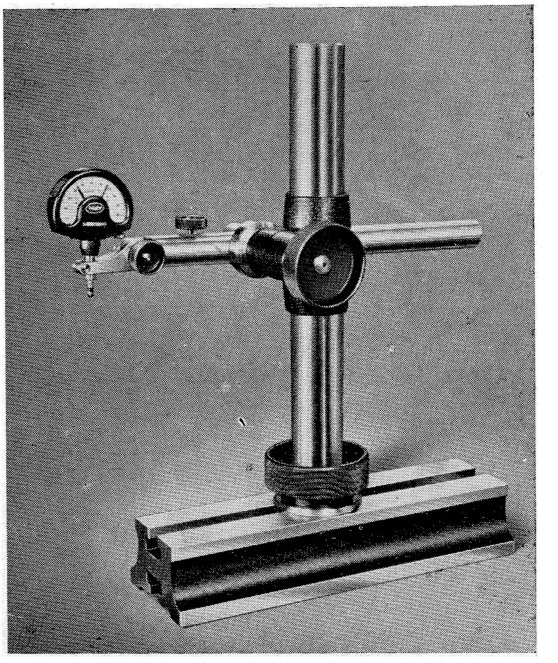
173

L'emploi le plus classique du comparateur consiste à le monter sur un support au-dessus d'une table fixe (fig. 174).



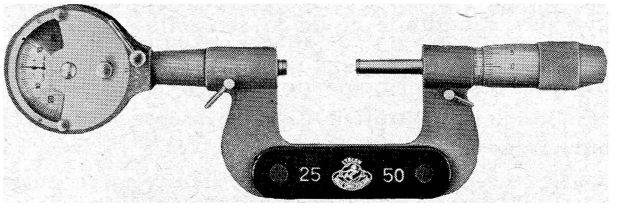
174

En l'absence de cette dernière, un marbre peut jouer le rôle de table. Le réglage de la hauteur par rapport à la table s'effectue au moyen de jauges. Les différences entre la mesure de réglage et les pièces se lisent directement au cadran.
Complétant ces supports fixes, il en existe d'autres plus légers utilisés quand il est plus simple de déplacer le comparateur que la pièce (fig. 175). C'est le cas du contrôle géométrique d'une machine. Certains de ces derniers supports ont une base d'appui magnétique, ce qui permet de les fixer en n'importe quel endroit.
Le comparateur étant un instrument simple dont la lecture est extrêmement rapide, il est bien normal que les



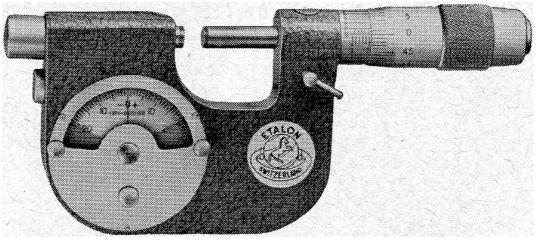
175

instruments de mesure classiques se soient transformés afin de permettre l'emploi du comparateur. On rencontre ainsi des micromètres d'extérieur équipés d'un comparateur, ce dernier remplaçant la touche fixe (fig. 176).



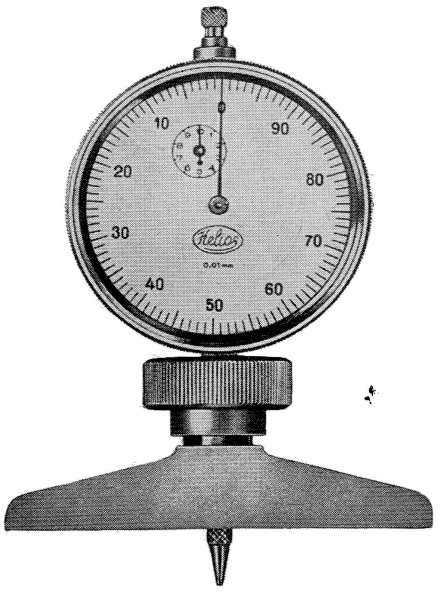
176

Le principe du comparateur appliqué aux micromètres d'extérieur permet même de construire des instruments d'une précision très grande (fig. 177). On rencontre

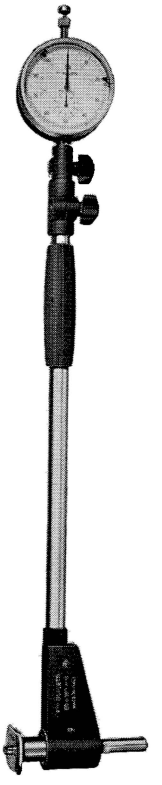


177

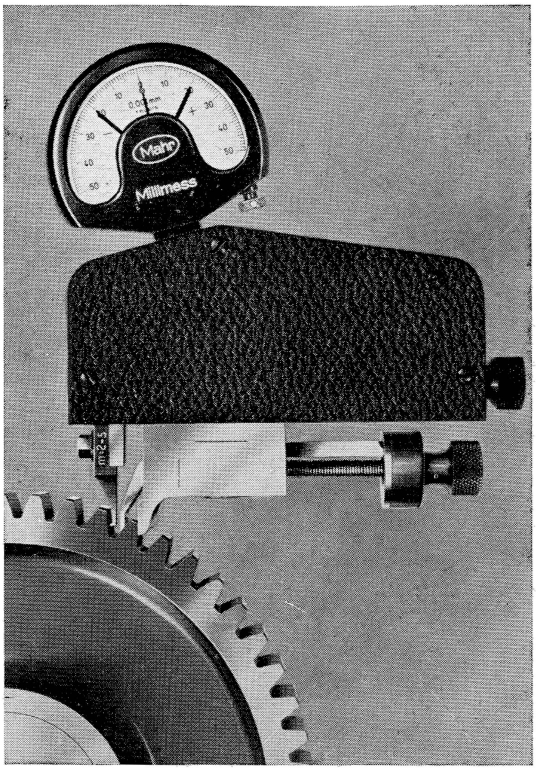
également des pieds de profondeur équipés de comparateur (fig. 178).
Cependant, plus souvent les micromètres d'intérieur sont construits pour utiliser le comparateur. Les modèles en sont multiples, à titre d'exemple la fig. 179.
Dans ce dernier cas, un mécanisme composé de leviers transmet le mouvement de la touche mobile perpendiculairement au palpeur du comparateur. Cet instrument doit évidemment être étalonné avant l'emploi.



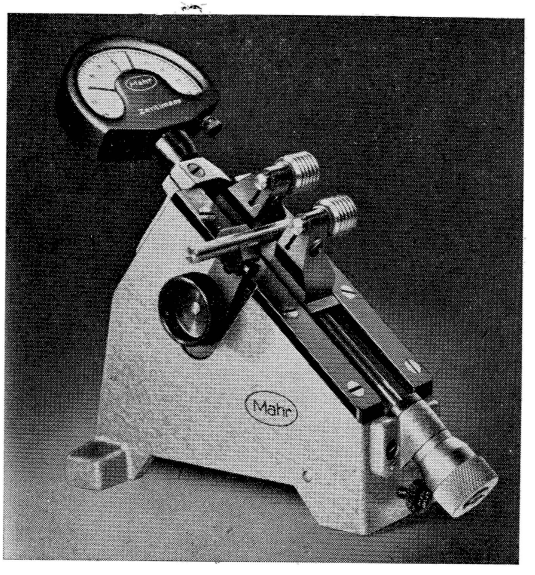
178



179



181



180

Il n'existe pratiquement pas de limites à l'utilisation du comparateur. Passant des emplois simples comme décrit plus haut, on arrive à des cas d'utilisation plus complexes et délicats. A titre d'exemples la fig. 180 qui montre un montage pour vérifier les filetages extérieurs et la fig. 181 illustrant le contrôle d'une roue dentée.

RÉSUMÉ

LES INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

LE NIVEAU

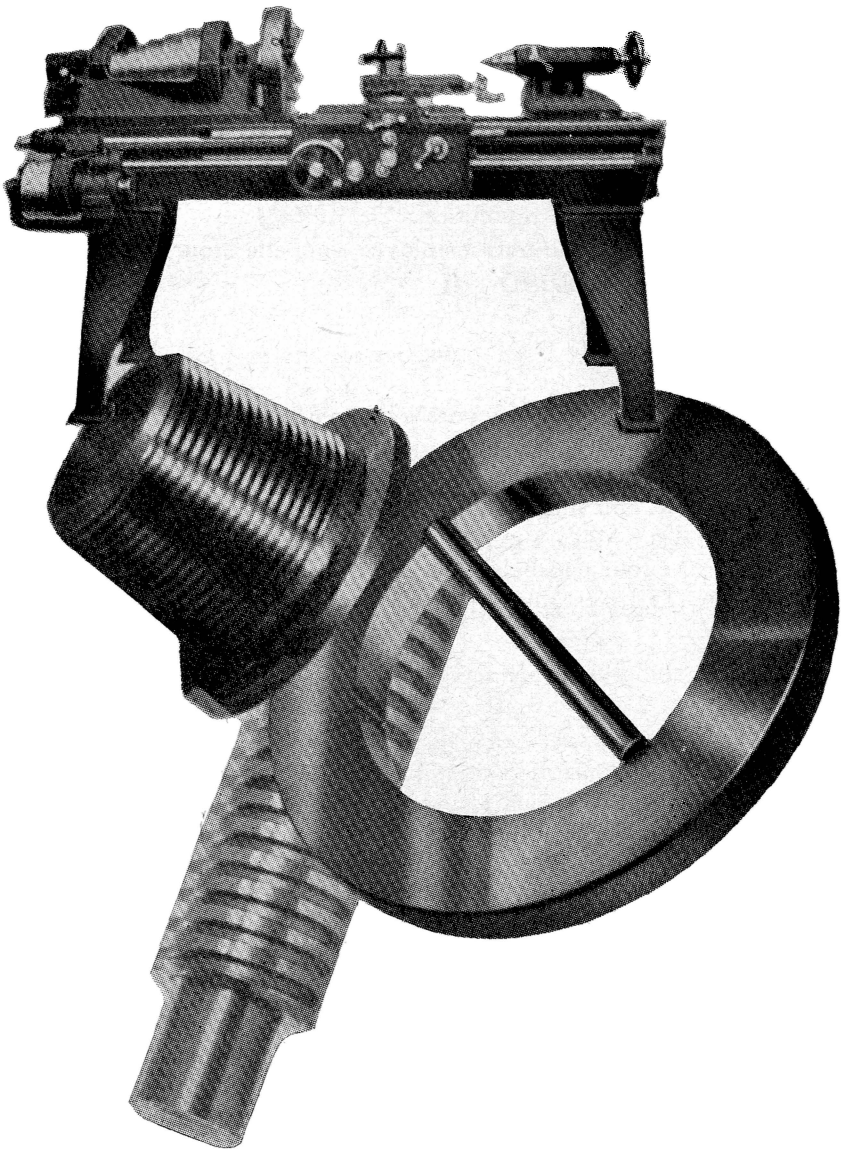
Le niveau à bulle est un instrument qui permet de vérifier l'horizontalité des surfaces et par conséquent l'écart qui les sépare du plan horizontal.
Il comprend un tube torique empli presque complètement de liquide, ce qui ménage un espace libre qui prend la forme d'une bulle. Ce tube est logé dans un support. La position de la bulle d'après des repères tracés sur le tube permet d'estimer la situation du plan contrôlé.

LE COMPARATEUR

Le comparateur est un instrument de comparaison. Il se compose d'un palpeur mobile qui transmet son mouvement par crémaillère et engrenages à une aiguille se déplaçant devant un cadran gradué.
La précision des comparateurs varie entre 0,1 mm et 0,001 mm selon l'instrument, l'amplitude du mouvement entre 0,1 mm et 50 mm.
Le comparateur s'emploie très souvent à l'aide d'un support adapté au contrôle. Il se retrouve appliqué à certains instruments de mesure : micromètres d'extérieur et d'intérieur, pieds de profondeur, etc...

QUESTIONNAIRE

Pour une inclinaison de 10° du comparateur au plan de contrôle, quelle différence de lecture aura-t-on ?



LE TOURNAGE

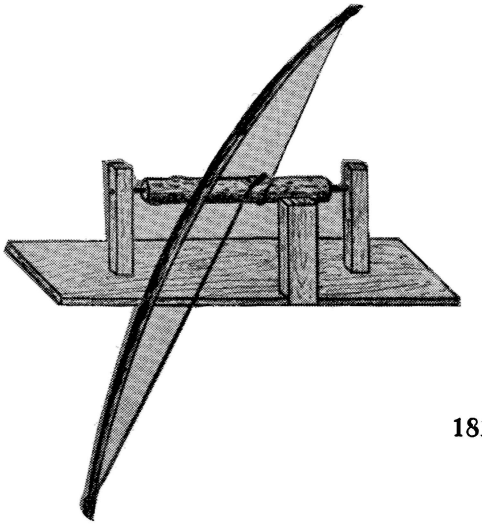
I. GÉNÉRALITÉS

A. TERMINOLOGIE

On appelle **„tournage"** l'ensemble des opérations de parachèvement sur des pièces animées d'un mouvement de rotation. Les volumes réalisés seront toujours des volumes de révolution.
La machine-outil employée s'appelle **„tour"**.

B. HISTORIQUE

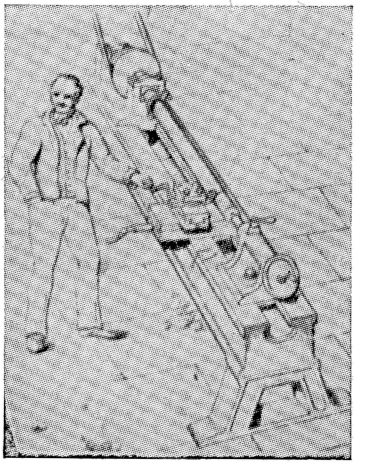
Le tour fut utilisé dès l'antiquité pour réaliser des pièces de révolution.
Jusqu'à l'invention de la machine à vapeur, la force humaine était le seul moteur connu pour animer les machines dont la plus ancienne est le tour à archet, illustré à la fig. 183.



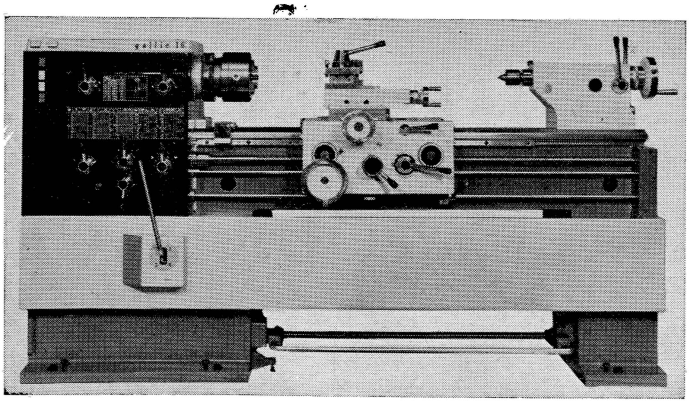
183

L'industrialisation de la machine à vapeur a révolutionné la conception des machines ; en deux siècles, les progrès réalisés sont considérables.

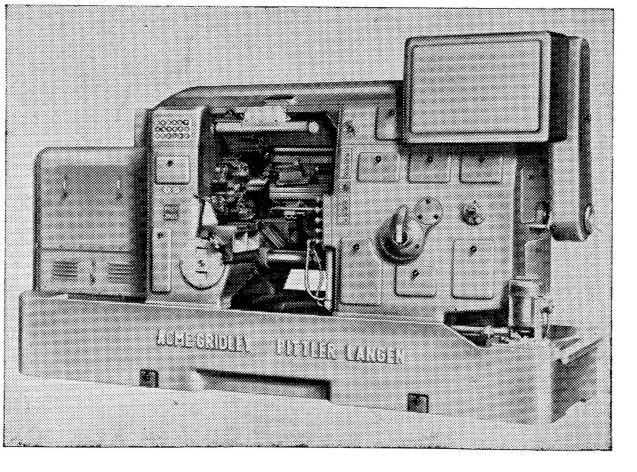
Le premier tour parallèle avec chariot porte-outil date de 1760 (fig. 184).
Depuis 1900, les besoins et les possibilités de l'industrie ont entraîné des perfectionnements de plus en plus rapides.
Le tour parallèle devenu tour à charioter et à fileter (fig. 185) s'est amélioré ; des machines étudiées pour les besoins d'une production en série ont vu le jour : par exemple, les tours automatiques (fig. 186) et les tours d'opération (tours à copier, tours à programme...).



184



185



186

C. CARACTÉRISTIQUES DU TOUR PARALLÈLE

Le tour est défini par les dimensions de la plus grosse pièce susceptible d'être travaillée.

On va donc distinguer ainsi :

1. **La hauteur de pointe** (HP) (rayon de la plus grosse pièce).
2. **La longueur entre les pointes** (EP) qui correspond à la longueur de la plus grande pièce.

D. OPÉRATIONS DE TOURNAGE

Les principales opérations de tournage sont :

1. **Le CHARIOTAGE** — réalisation de surfaces EXTERIEURES cylindriques ou coniques ;
2. **L'ALÉSAGE** — réalisation de surfaces INTERIEURES cylindriques ou coniques ;
3. **Le DRESSAGE** — réalisation de surfaces PLANES perpendiculaires à l'axe du tour.

E. GÉNÉRATION DES SURFACES TOURNÉES

La génération d'une surface tournée résulte de la conjugaison de deux mouvements :

— mouvement de la pièce — mouvement plus ou moins rapide de coupe (Mc) ;

— mouvement de l'outil — mouvement plus lent d'avance (Ma), le plus souvent rectiligne uniforme.

Etudier le tour consiste donc à étudier successivement les deux mouvements et les possibilités offertes par leur conjugaison.

L'étude du tournage comprendra par conséquent trois parties :

1. **la pièce,** sa fixation, son entraînement ;
2. **l'outil,** sa constitution, sa forme, son déplacement ;
3. **les possibilités de la machine.**

RÉSUMÉ

TERMINOLOGIE
Le tournage est l'opération de parachèvement des volumes de révolution.

HISTORIQUE DU TOUR
Le tour, connu dès l'antiquité, a reçu des perfectionnements de plus en plus rapides et nombreux, au fur et à mesure de son utilisation rationnelle.

CARACTÉRISTIQUES DU TOUR
Un tour est défini par les dimensions de la pièce la plus volumineuse qu'il peut recevoir. Deux grandeurs doivent donc être connues :
— la hauteur de pointe HP,
— l'entre-pointes EP.

OPÉRATIONS DE TOURNAGE
Le chariotage — l'alésage — le dressage.

QUESTIONNAIRE

1. *Quel volume obtient-on en faisant tourner les surfaces suivantes :*
   - *a. un rectangle autour d'un côté ?*
   - *b. un triangle autour d'un côté ?*
   - *c. un cercle autour d'un diamètre ?*
   - *d. un cercle autour d'un point extérieur ?*
   - *e. un losange autour d'une diagonale ?*
2. *Que signifie :*
   un tour a une HP de 325 mm et un EP de 1,5 m ?

II. LA PIÈCE

A. VUE D'ENSEMBLE

Les organes porte-pièce sont montés sur la **BROCHE,** laquelle est supportée dans les deux paliers de la **POUPEE FIXE.**
Le mouvement de rotation de la broche est dû à un élément moteur (moteur indépendant ou transmission), doublé d'un dispositif de changement de vitesse, tout comme dans l'étau-limeur, et pour les mêmes raisons.
La chaîne cinématique est donc la suivante :

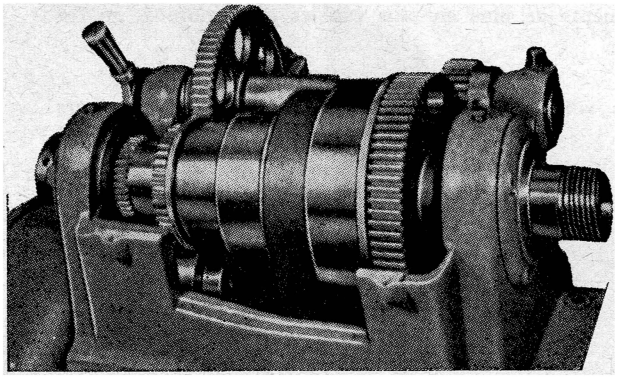
Moteur
↘ Changement de vitesse
↘ Broche
↘ Organe porte-pièce
↘ pièce

B. DISPOSITIFS DE CHANGEMENT DE VITESSE

Beaucoup plus souvent que dans le cas de l'étau-limeur, on rencontre encore le système par poulies étagées, bien que la tendance actuelle soit d'adopter le système „monopoulie".

1. Poulies étagées

Un gradin de poulies est monté sur la broche, auquel correspond le même gradin sur l'élément moteur mais orienté de façon inverse.
La vitesse de rotation de la broche dépend de la position de la courroie sur le gradin.
La commande par gradin est souvent doublée d'un „harnais" dont la fonction est de réduire les vitesses de rotation données par le gradin, dans une proportion déterminée (fig. 187).

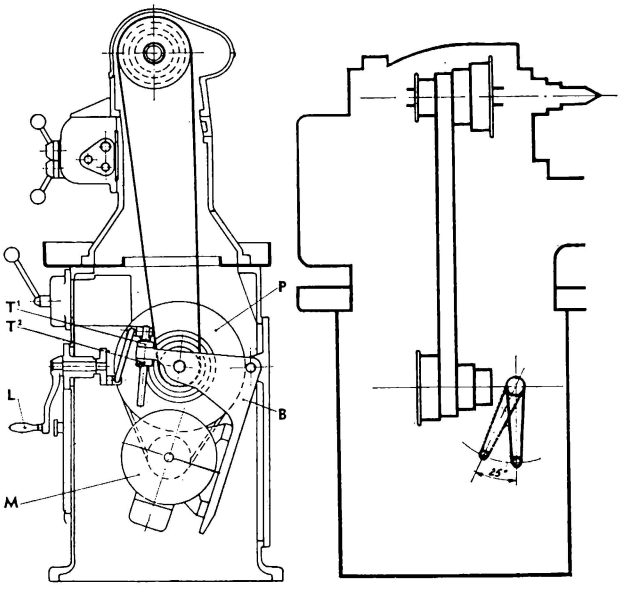


187

« TRANSMISSION (fig. 188) : Le type de transmission par courroie plate déplaçable sur poulies à gradins a été adopté parce qu'il est le plus simple et d'une parfaite sécurité de fonctionnement.
La tension de la courroie plate est réglable au bâti pivotant ; cette tension reste constante grâce à un dispositif de verrouillage automatique du bâti. »

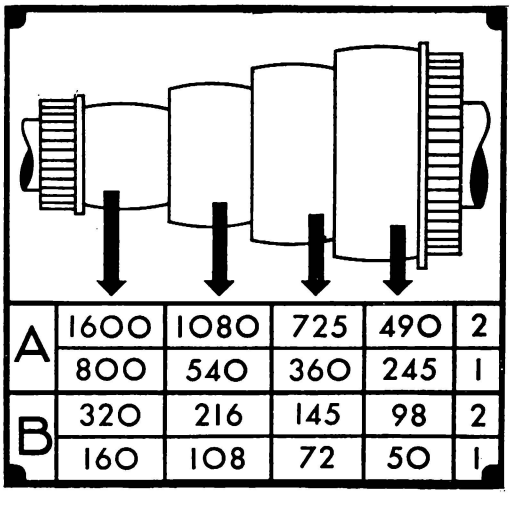
Extrait du catalogue

La figure 189 est le tableau des vitesses d'un tour équipé de poulies étagées et commandé par un moteur à 2 vitesses.



188

Les lettres A et B correspondent à la marche sans harnais (A) ou avec harnais (B).
Les chiffres 1 et 2 donnent les deux vitesses du moteur.



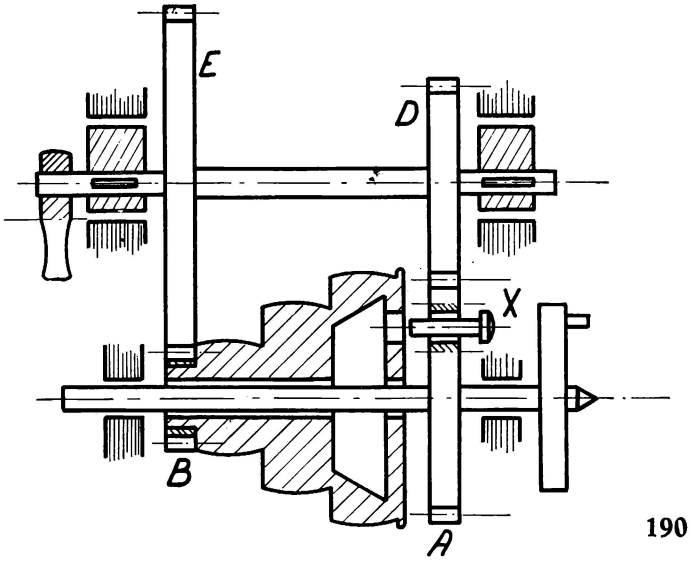
A	1600	1080	725	490	2
	800	540	360	245	1
B	320	216	145	98	2
	160	108	72	50	1

189

Fonctionnement du harnais

Le fonctionnement du harnais est schématisé à la figure 190.
Seule la roue dentée A est fixée à la broche ; le gradin et la roue dentée B qui lui est annexée sont fous sur la broche.

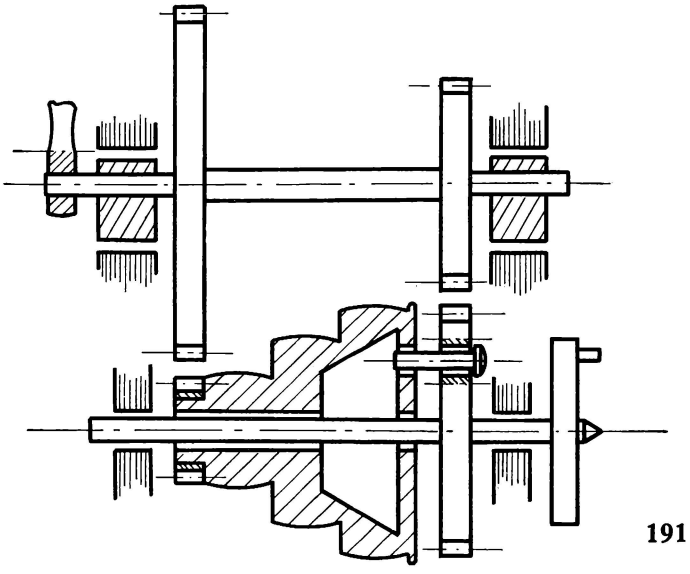
Marche au harnais



190

L'entraînement se fait : soit par l'intermédiaire de l'index de volée X (marche à la volée), soit par l'engrènement des roues dentées D et E avec respectivement A et B ; l'index de volée est alors dégagé.
La mise en place et le retrait des engrenages D et E se font au moyen d'un excentrique.

Marche à la volée



191

2. Monopoulie

La vitesse de rotation du moteur est modifiée par des jeux de pignons assemblés en une boîte de vitesses (fig. 191).

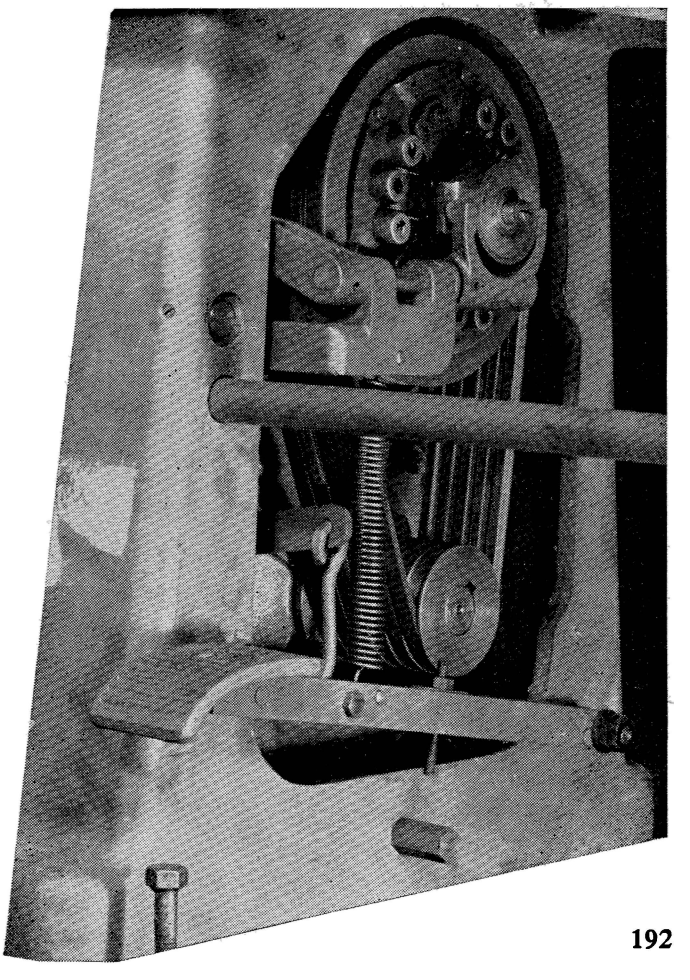
Le mouvement du moteur est transmis par une seule poulie, d'où la dénomination „MONOPOULIE".

La vitesse de rotation à la sortie de la boîte de vitesses dépend des positions respectives des pignons dont le changement de position est commandé par un levier.

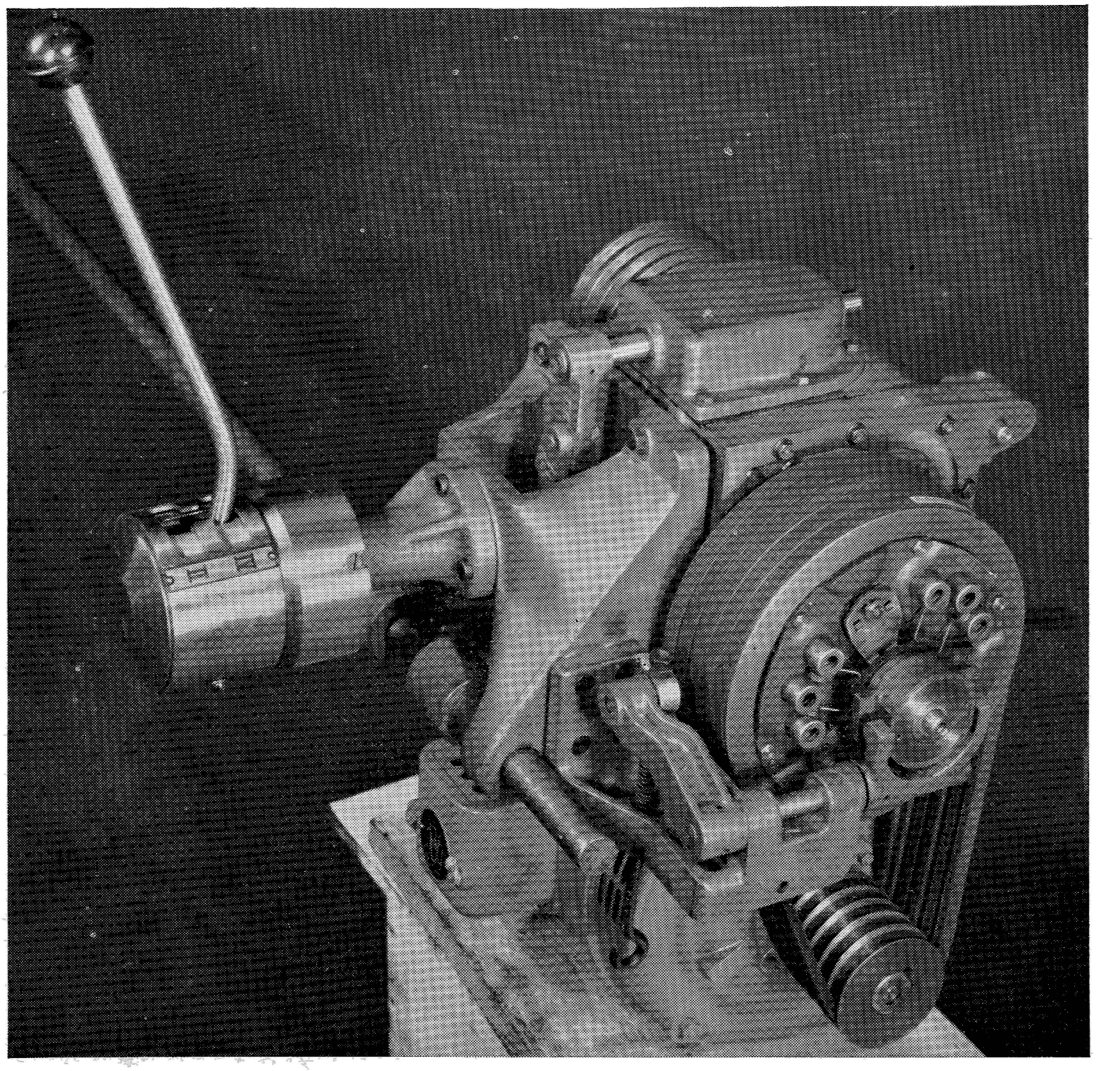
L'emplacement de la boîte de vitesses sur la machine est déterminé par le constructeur.

L'illustration 192 montre une boîte de vitesses placée dans le pied de la machine.

Le mouvement est alors transmis à la broche. Souvent, un harnais double l'effet de la boîte de vitesses (fig. 193). Dans ce cas, il est d'un modèle plus perfectionné que celui rencontré avec le système par poulies étagées.

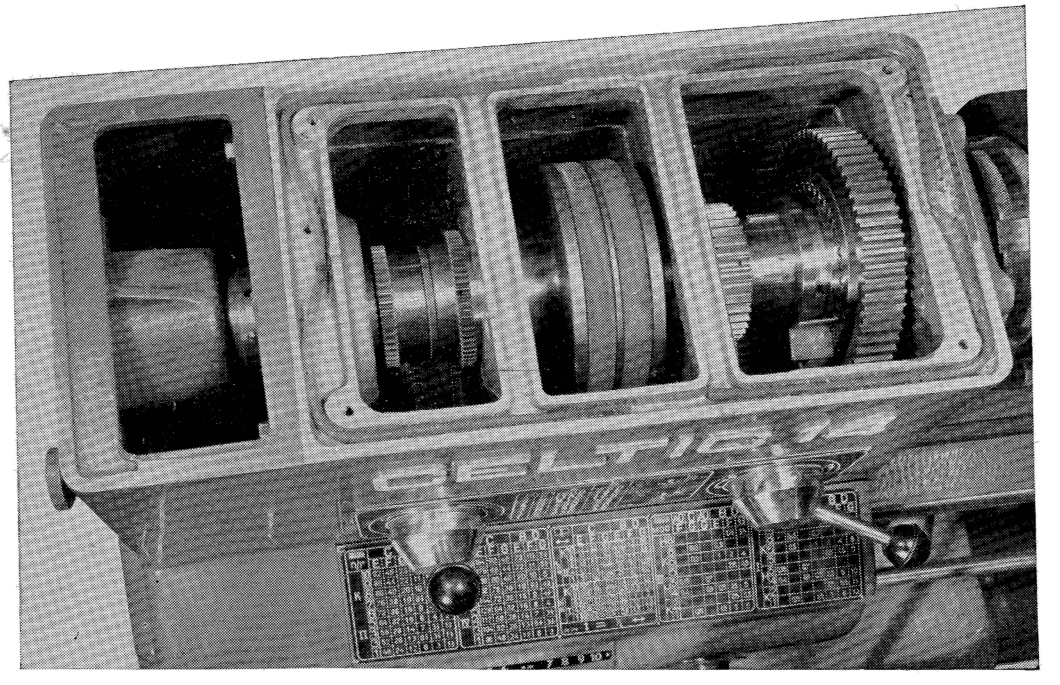


192

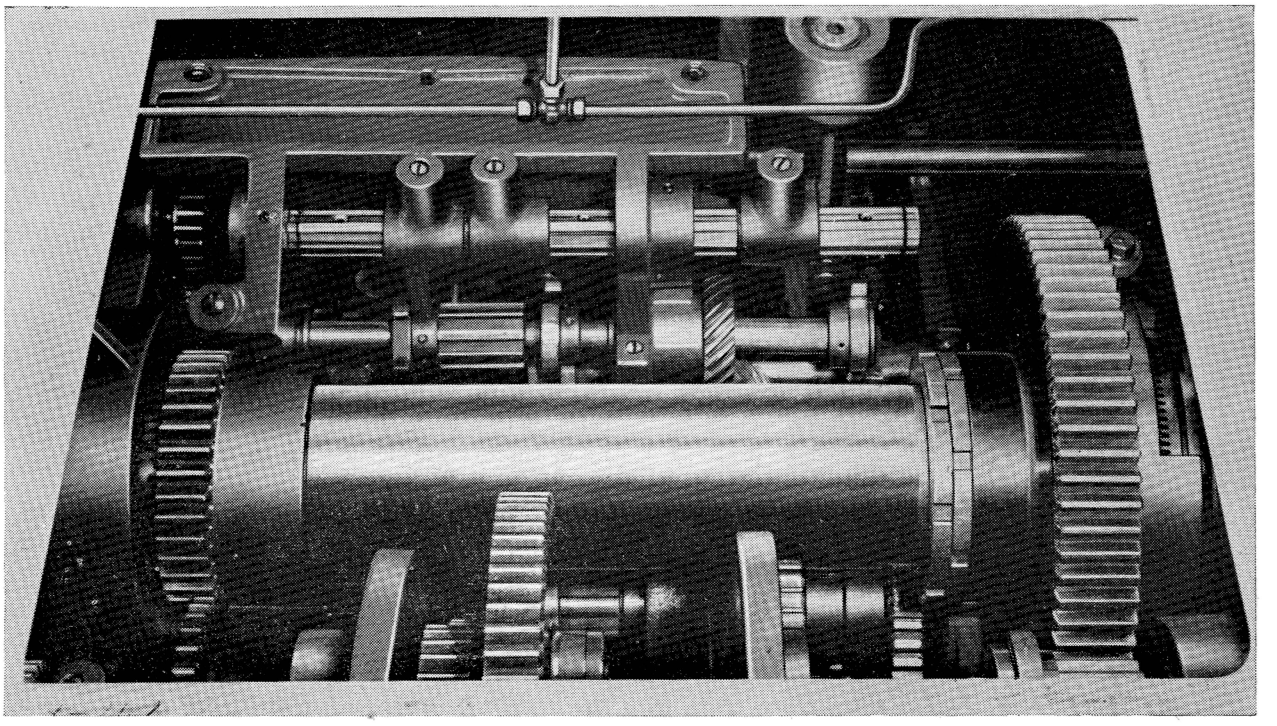


191

Tous les changements de vitesse s'effectuent par manœuvre de leviers dont les positions sont indiquées sur un tableau que porte la machine (fig. 193).
Sur certaines machines, la boîte de vitesses et le harnais sont groupés dans la poupée fixe, ainsi que le montre la figure 194.



193



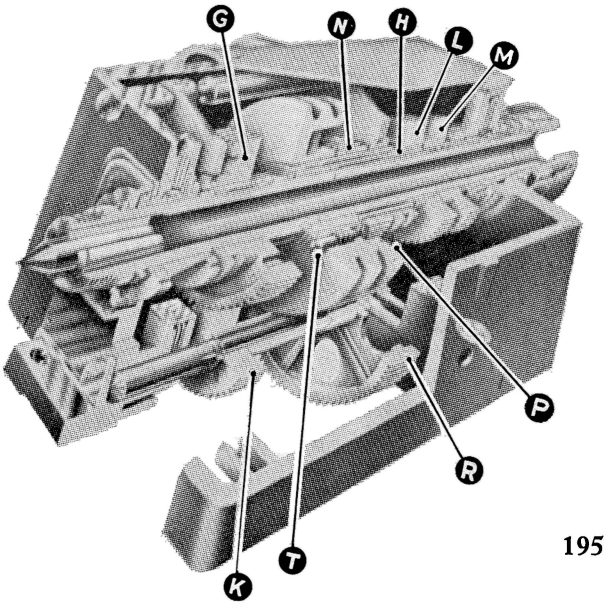
194

C. LA BROCHE

La broche est en acier de bonne qualité ; elle est creuse, ce qui, tout en augmentant sa rigidité, sert à laisser un passage à des barres de dimensions moyennes (fig. 195).

Elle est supportée, dans la poupée fixe, par des coussinets ou des roulements à billes. Des systèmes de rattrapage de jeu, aussi bien axial que latéral, sont adaptés afin que l'usure des parties tournantes n'influe pas sur la qualité du travail.

La partie terminale s'appelle „NEZ DE BROCHE" ; celui-ci est alésé au cône Morse pour recevoir la pointe.



195

D. LES ORGANES DE FIXATION DE LA PIÈCE

La fonction essentielle des organes porte-pièce est d'unir d'une façon rigide la broche à la pièce.
On trouvera donc sur chaque organe porte-pièce deux parties bien distinctes :

1. la partie placée du côté de la broche ;
2. la partie placée du côté de la pièce.

1. Côté broche

Il doit être possible de fixer l'organe porte-pièce à la broche ; il lui faut donc un système de fixation.
De plus, étant donné que d'autres organes différents doivent pouvoir être montés sur la broche, l'existence de surfaces de référence s'avère nécessaire.
Par conséquent, ces surfaces de référence auront deux fonctions bien précises :

a. centrer l'organe porte-pièce — pour éviter des balourds nuisibles pendant la rotation ;
b. déterminer la position en longueur de l'organe porte-pièce par rapport à la broche.

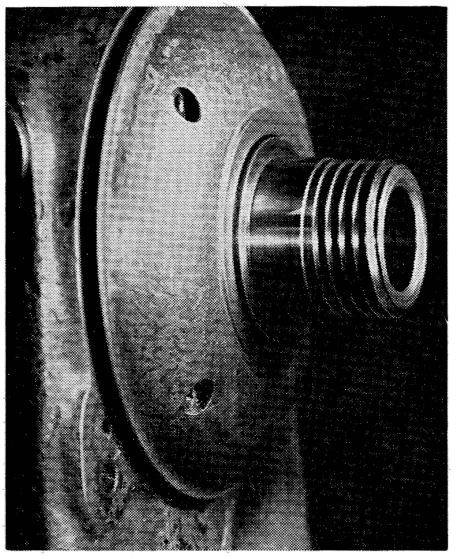
Ces différentes conditions sont réunies de façons diverses sur le côté **„broche"** des supports de pièce. De plus, on trouvera sur le nez de broche les conditions corres-

pondantes ; l'examen du nez de broche indique plus visiblement le mode de centrage et de fixation de l'organe porte-pièce.

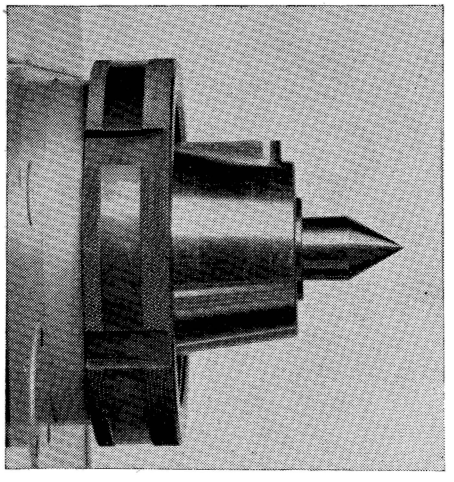
Trois modes classiques sont habituellement adoptés

a. Une surface cylindrique de centrage et une surface plane de butée (fig. 196).

La fixation se fait alors par un filet dont le nez de broche constitue la vis, et le support de pièce l'écrou.



196



197

b. Une surface de référence conique, qui, de par sa forme, remplit les deux conditions : centrage et butée (fig. 197).

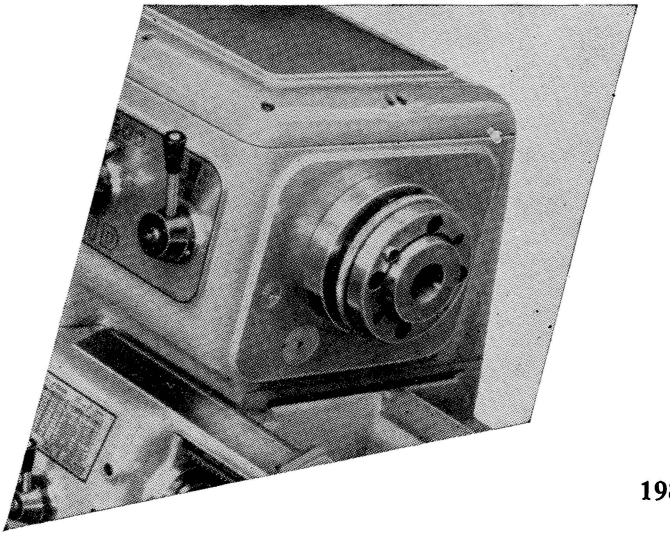
La fixation se fait par une bague filetée, circulairement libre sur le nez et latéralement immobilisée ; l'organe porte-pièce porte le filet correspondant.

c. Une surface de référence conique de faible longueur à laquelle vient s'adjoindre une surface plane de butée (fig. 198).

Les avantages des deux premiers modes se trouvent ainsi cumulés.

Le mandrin est fixé par plusieurs vis qui, l'obligeant à se centrer sur le cône, l'amènent contre la surface de référence plane. Un jeu initial de quelques centièmes est d'ailleurs prévu entre la face plane du nez de broche et celle du mandrin (tirage), ce qui assure le centrage sur le cône. Quant à la face plane de référence, elle élimine tout voilage éventuel.

Ce mode de fixation est appliqué à des machines très puissantes ; il présente de nombreux avantages, entre autres la réduction du porte-à-faux du mandrin.



198

2. Côté pièce

La variété des pièces mécaniques (formes et dimensions) conduit à utiliser une grande variété de supports.

RÉSUMÉ

LA PIÈCE

Les organes porte-pièce se montent sur la BROCHE, **laquelle est supportée dans les deux paliers de la** POUPEE FIXE, **et reçoit son mouvement d'un organe moteur par l'intermédiaire d'un changement de vitesse.**

1. DISPOSITIFS DE CHANGEMENT DE VITESSE

— **Par poulies étagées**
Il est constitué par un gradin de poulies doublé d'un HARNAIS. **Il permet d'animer la broche d'autant de vitesses qu'il a de gradins, le tout étant doublé par le harnais.**

— **Par monopoulie**
Une poulie transmet le mouvement du moteur à une boîte de vitesses, constituée par des jeux de pignons. La position respective de ces derniers est commandée au moyen de leviers.

2. LA BROCHE

La broche reçoit le mouvement du changement de vitesse, et le transmet à la pièce par l'intermédiaire de l'organe de fixation. Elle est supportée dans les paliers de la poupée fixe et se termine par le nez de broche.

3. LES ORGANES DE FIXATION

Leur fonction essentielle est d'unir d'une façon rigide la pièce et la broche. On peut distinguer fictivement deux parties : le côté broche et le côté pièce :

— sur le côté broche, on trouve les SR qui permettent de centrer et de situer l'organe porte-pièce sur le nez de broche.
Les SR peuvent être de trois types :
a. une SR cylindrique plus une SR de butée,
b. une SR conique de grande longueur,
c. une SR conique de faible longueur plus une SR de butée.

— le côté pièce dépend essentiellement de la pièce et du travail qu'il faut accomplir.

QUESTIONNAIRE

1. *Quels sont pour les tours dont l'atelier est équipé :*
   — l'organe moteur ?
   — le changement de vitesse ?
   — la façon dont les SR sont réalisées ?
2. *Pourquoi est-il préférable d'avoir une SR conique plutôt qu'une SR cylindrique plus une SR de butée ?*
3. *Sur les tours modernes, le harnais existe-t-il toujours ? Expliquer.*
4. *Pourquoi la broche d'un tour doit-elle être réalisée en acier de bonne qualité ? Pourquoi est-elle creuse ?*

3. Types d'organes porte-pièce

Deux types d'organes porte-pièce sont d'un usage répandu ; une troisième catégorie n'est employée actuellement qu'à titre exceptionnel.
Tous les types varient seulement du côté de la pièce, étant donné que tous les supports doivent se placer sur la même broche ; leur côté „broche" est donc identique, sauf exceptions.
On distingue ainsi :
1. les mandrins,
2. les plateaux,
3. les supports spéciaux.

a. Les mandrins

Le mandrin est un support de pièce sur lequel des mors (2, 3 ou 4) coulissent radialement. Leur écartement du centre dépend du diamètre de la pièce usinée (fig. 199).

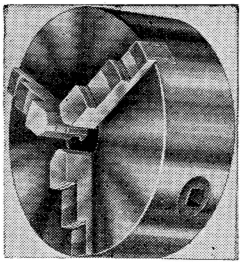
Le coulissement peut se faire de façon concentrique, c'est-à-dire que la partie utile de chaque mors se situe sur une circonférence concentrique à l'axe de la broche.

Dans ce cas, les mors sont commandés simultanément par un filet spirale (fig. 200) ; le filet spirale est, de son côté, actionné par un jeu d'engrenages coniques.

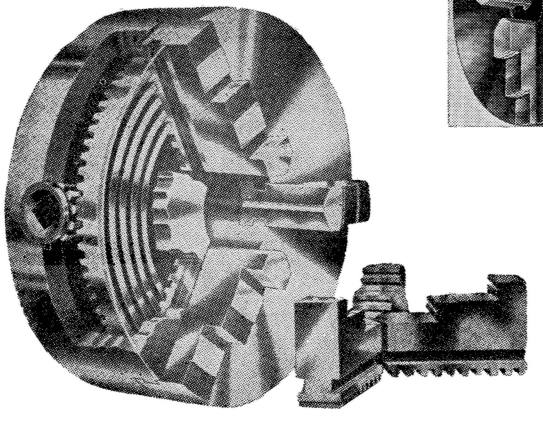
Le coulissement peut ainsi être indépendant ; on trouvera, dans ce cas, une vis de commande par mors.

La figure 201 montre un mandrin à quatre mors à serrage indépendant.

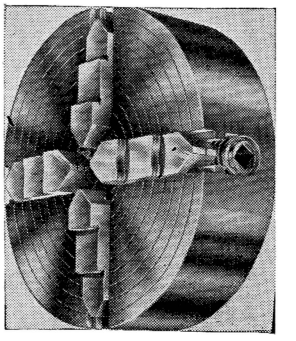
D'autre part, les mors peuvent être **„durs"**, c'est-à-dire trempés, ou **„doux"** non trempés.



199



200

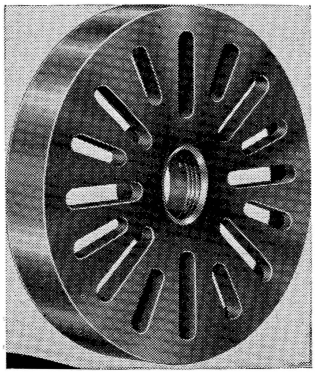


201

Dans les mors doux, il est possible de creuser l'empreinte de la pièce à serrer ; cela permet de la pincer **„en reprise"** avec toutes les garanties de concentricité et de conservation des surfaces déjà usinées.
En résumé, on rencontre des mandrins à deux, trois ou quatre mors, durs ou doux, à serrage concentrique ou indépendant.

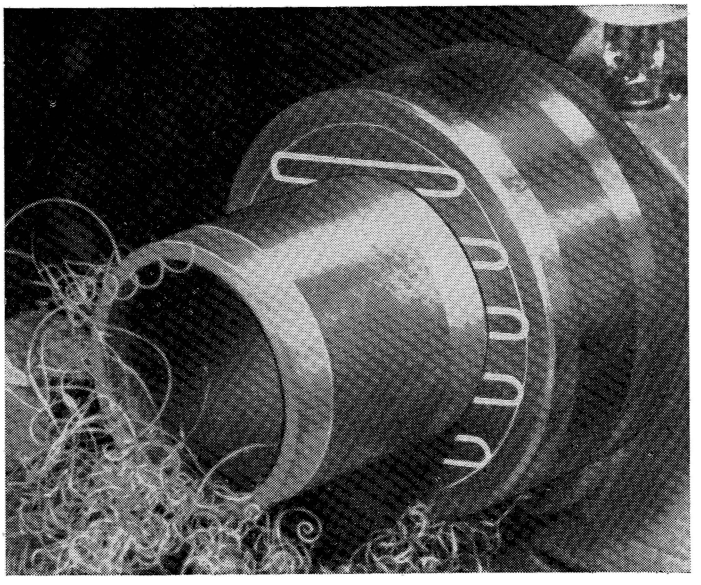
b. Les plateaux

Ce support est simplement un disque de diamètre assez important que l'on peut fixer à la broche, d'où son nom : **„plateau"** ou **„plate-forme"** (fig. 202).



202

Les pièces usinées au plateau présentent le plus souvent une forme irrégulière.



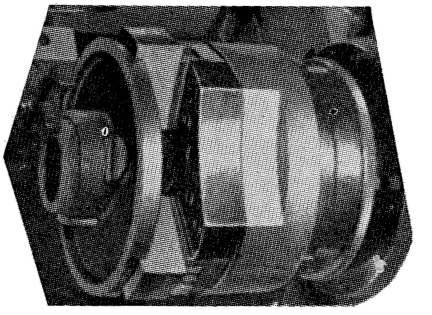
203

Des lumières sont percées de part en part, pour permettre le passage de boulons de fixation de la pièce.

Les modèles de plateaux sont très nombreux et diversement combinés (fig. 202).
Ils peuvent aussi servir à fixer d'autres accessoires, comme par exemple des équerres de montage dans certains cas particuliers d'usinage.

c. Les supports spéciaux

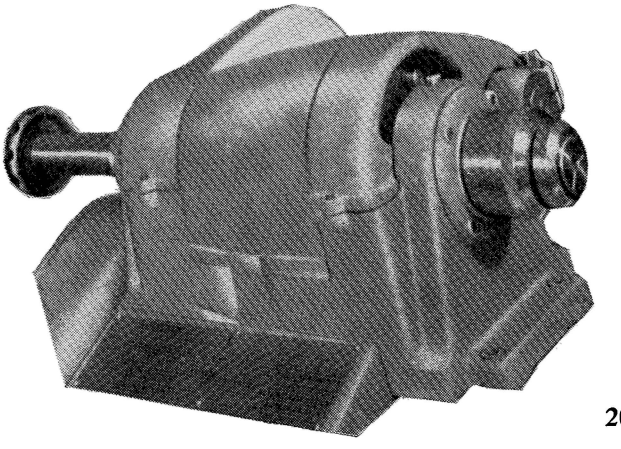
A côté des mandrins et des plateaux, qui sont des types classiques, on trouve beaucoup d'autres modèles de support de pièce.



204

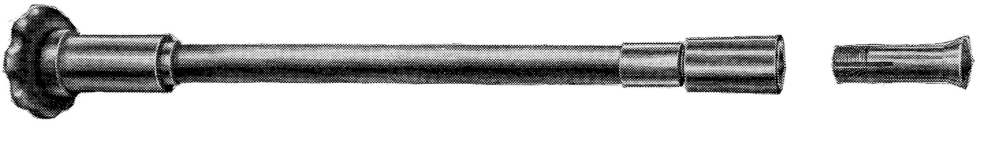
A titre d'exemples, on peut citer :
— le mandrin magnétique (fig. 203),
— le mandrin pneumatique (fig. 204) dont le serrage est commandé par air comprimé.

Ce type de mandrin prend de plus en plus d'importance, du fait des facilités de serrage et de la régularité de pression des mors sur la pièce.
On trouve encore des pinces de serrage (fig. 205), dans lesquelles la forme de la pièce est creusée. Elles sont constituées par une douille à cône extérieur dont une extrémité est filetée.



206

Du côté du cône, sont taillées des rainures qui permettent à la douille de se refermer quand elle est introduite par force dans un cône creux (fig. 206).



205

RÉSUMÉ

LA PIÈCE (suite)

3. LES ORGANES DE FIXATION (suite)

Types d'organes porte-pièce

Une machine peut être équipée de différents organes porte-pièce, tous semblables du côté broche, sauf exception.

On distingue ainsi :

— les MANDRINS, **à trois ou quatre mors durs ou doux, à serrage concentrique ou indépendant ;**

— les PLATEAUX ;

— les supports spéciaux :

— le MANDRIN MAGNETIQUE,

— le MANDRIN PNEUMATIQUE,

— les PINCES DE SERRAGE.

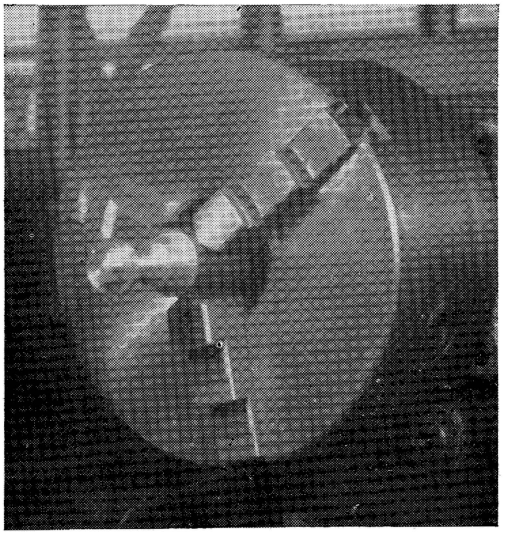
QUESTIONNAIRE

1. *De quels types d'organes de fixation dispose-t-on à l'atelier ?*
2. *Définir le principe du serrage concentrique qu'assure le mandrin universel.*
3. *Quelles sont les raisons qui justifient le mandrin à mors indépendants ?*
4. *Le mandrin magnétique présente-t-il des avantages sur le mandrin universel ? Pourrait-on réaliser sur le mandrin magnétique des pièces qu'il est impossible ou très difficile de faire sur le mandrin universel ?*

E. MONTAGE EN L'AIR, MONTAGE ENTRE POINTES

Tous les organes cités plus haut servent quand la pièce peut être pincée par une extrémité et travaillée sur l'autre ; c'est le cas de toutes les pièces courtes.

Le montage tel qu'il est décrit amène donc à usiner la partie en porte-à-faux, d'où sa dénomination : **„MONTAGE EN L'AIR"** (fig. 207).



207

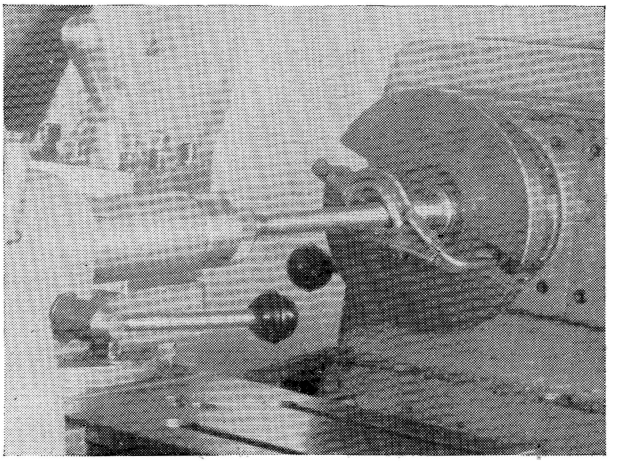
Le montage en l'air ne convient pas pour toutes les pièces.

Certaines, par exemple, doivent présenter un degré de finition et de précision tel que la fabrication, ébauchée au tour, doit se terminer sur la rectifieuse.

D'autres pièces, par la complexité de leur forme, ne peuvent être réalisées qu'en une suite d'opérations sur des machines différentes ; par exemple, une roue dentée.

Il n'est pas possible alors de reprendre les pièces en l'air, sur les machines successives : la précision d'un tel procédé est, de loin, trop peu poussée.

La solution adoptée consiste à pratiquer des surfaces de référence de centrage sur la pièce elle-même, surfaces constituées par des „CENTRES", et à monter la pièce entre deux pointes ; d'où la dénomination : **„MONTAGE ENTRE POINTES"** (fig. 208).



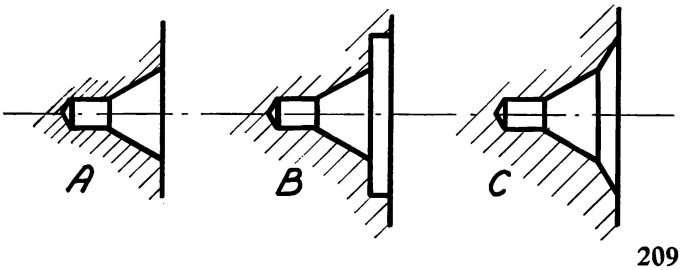
208

Le montage entre pointes requiert d'autres accessoires que ceux étudiés. Les centres s'emboîtent sur deux pointes ; une est logée dans la broche du tour : c'est la „POINTE VIVE" ou „POINTE TOURNANTE", l'autre, dans le fourreau de la „CONTRE-POUPEE" : c'est la „CONTRE-POINTE".

Tous ces accessoires supportent et centrent la pièce. Il faut aussi l'entraîner, ce qui motive un accessoire supplémentaire. Celui-ci, l'entraîneur, est fixé à la pièce et la lie d'une façon non rigide à la broche du tour en transmettant le mouvement de rotation.

F. LES CENTRES

Les centres, qui constituent les surfaces de référence, sont des troncs de cône creusés dans chaque face terminale de la pièce, et dont l'angle au sommet est normalisé : 60° pour les travaux courants, 90° pour les pièces lourdes. Ils peuvent être ordinaires (fig. 209 A) ou protégés (fig. 209 B et C). La protection est réalisée pour éviter les bavures sur les centres, dues à des coups éventuels sur le bout de la pièce.

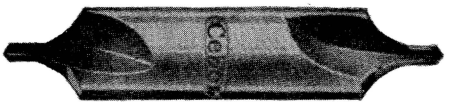


209

Ils sont creusés en une seule opération au moyen de „FORETS A CENTRER" (fig. 210 et 211).

Précautions à prendre pour le centrage

1. Le bout de la pièce sur lequel le centre doit être creusé est dressé AVANT de centrer, ceci pour éviter la déviation du centreur.
2. Il faut veiller à ce que la surface conique du centre présente un fini le plus parfait possible ; il convient donc d'éviter le plissement ou le rayage de la surface conique pendant l'opération de centrage.



210

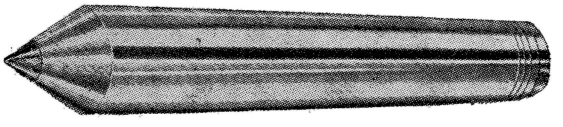
211

Remarques :

1. La surface conique est précédée d'un avant-trou ; celui-ci est pratiqué pour que l'extrémité de la pointe ne soit pas en contact avec la pièce.
2. Les dimensions du centre varient avec les dimensions de la pièce.

G. LES POINTES VIVES OU POINTES TOURNANTES

Elles sont constituées par un cône accolé à un tronc de cône (fig. 212).



212

La pointe a le même angle que le centre, tandis que le tronc de cône est un cône Morse.
Elles sont construites en acier dur trempé et rectifiées ; l'extrémité utile de certaines pointes est en carbure métallique.

Remarques :

1. Il est essentiel que la pointe soit parfaitement concentrique à l'axe de rotation, donc à l'axe de la broche. Sur certaines machines usagées, il est conseillé de rectifier la pointe en place ; dans ce cas, la position de la pointe ne peut plus être modifiée sans entraîner une nouvelle rectification.
2. La pointe vive tourne avec la pièce ; par conséquent, elle ne supporte aucun frottement.

H. LES CONTRE-POINTES

Elles ont la même constitution générale que les pointes vives et sont fabriquées avec les mêmes matières. On en distingue trois types principaux :

1. La contre-pointe ordinaire

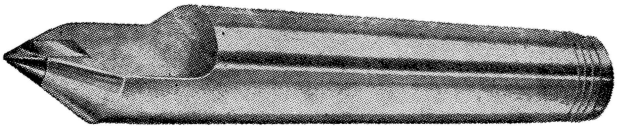
— identique à la pointe vive (fig. 212).

2. La contre-pointe à bout dégagé (fig. 213)

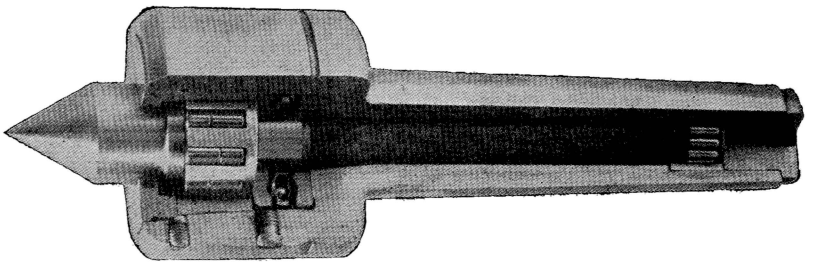
— une partie de la pointe est enlevée, afin de permettre à l'outil de dresser complètement la face sans être gêné par la contre-pointe.

Remarque :

Ces deux types de contre-pointes ne tournent pas avec la pièce. L'effort de frottement entre pièce et contre-pointe se traduit par un échauffement qui peut aller jusqu'au recuit de la pointe, recuit suivi de rupture.
Une lubrification s'impose ; à cet effet, l'avant-trou du centre a une double fonction : en plus du dégagement de l'extrémité de la pointe, il sert de réservoir de graisse.
Un troisième type de contre-pointe a été conçu pour pallier cet inconvénient.



213



214

3. La contre-pointe tournante (fig. 214)

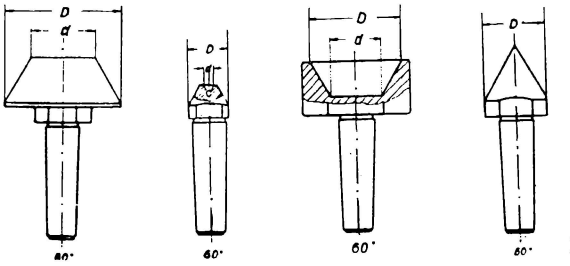
Des roulements et une butée à billes absorbent le frottement, inconvénient des deux autres types de contre-pointes.

L'emploi de la contre-pointe tournante est généralisé, sauf pour les travaux de grande précision où la contre-pointe fixe est encore couramment employée.

4. Autres types de contre-pointes

Dans certains cas particuliers on se sert d'autres contre-pointes (fig. 215).

Par exemple, la contre-pointe creuse utilisée quand le diamètre de la pièce est très petit et que, par conséquent, il n'est pas possible de creuser un centre. Les fonctions sont alors inversées : le centre dans la contre-pointe et la pointe sur la pièce.



215

I. LA CONTRE-POUPEE

La contre-pointe s'adapte sur la „CONTRE-POUPEE". Celle-ci a deux fonctions bien déterminées :

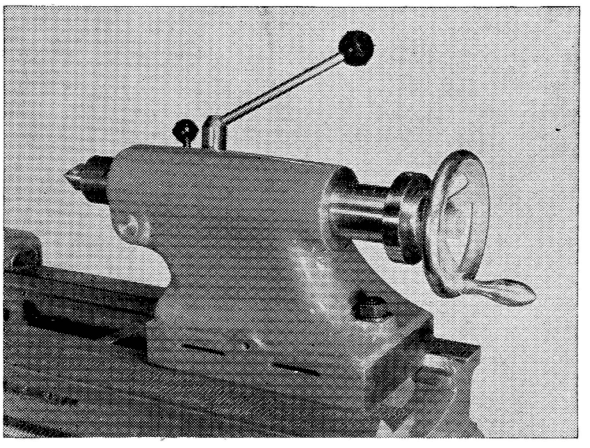
1. adapter la distance entre les pointes à la longueur de la pièce ;
2. aligner l'axe de la contre-pointe et celui de la pointe vive.

Remarque :

La hauteur de la contre-pointe est donnée directement en fonction de la hauteur de la pointe ; l'alignement se fait donc transversalement par rapport à l'axe du tour.

1. Terminologie

La contre-poupée se compose (fig. 216) :



216

a. de la SEMELLE posée sur le banc ; elle peut y être bloquée.
b. du CORPS placé sur la semelle ; il peut se déplacer transversalement et être bloqué en position.
c. du FOURREAU ou CANON, qui coulisse dans le corps, actionné par une vis et un volant.

Son extrémité est alésée au cône Morse pour recevoir la contre-pointe. Quand le fourreau est au bout de sa course vers l'arrière, l'extrémité de la vis éjecte la contre-pointe de son logement.

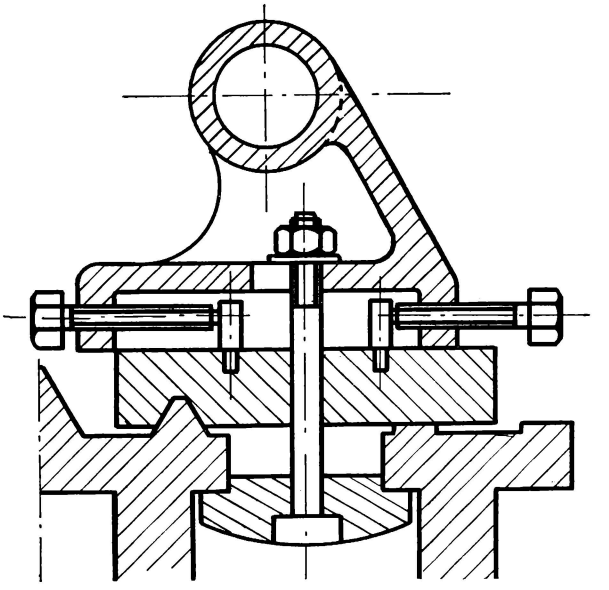
Un blocage du fourreau dans le corps est prévu.

2. Fonctionnement

a. **Réglage** de la distance entre les pointes.

Il se pratique en deux phases :

1. réglage approximatif — par glissement de la contre-pointe sur le banc, suivi du blocage de la semelle ;



217

2. réglage fin — par coulissement du fourreau dans le corps, suivi du blocage du fourreau.

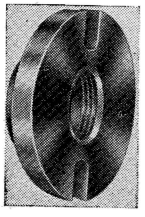
b. **Alignement** avec l'axe de la broche, par la translation du corps sur la semelle à l'aide des vis de réglage (fig. 217).

J. LES ENTRAÎNEURS

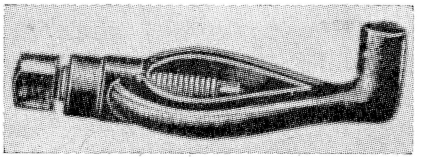
De par leur fonction, les entraîneurs sont apparentés aux supports de pièce : ils servent à former le bloc broche-pièce. On trouvera donc deux parties :
a. la partie du côté broche
b. celle du côté pièce.
La différence entre entraîneurs et supports de pièce réside en ce que, pour les entraîneurs, les deux parties sont séparées à l'inverse des supports de pièce.

1. Côté „broche"

Il consiste en un plateau, plus petit que le plateau à trous, et qui ne porte généralement que deux lumières (fig. 218).
Tout comme les organes porte-pièce, ce plateau se monte sur le nez de broche.



218



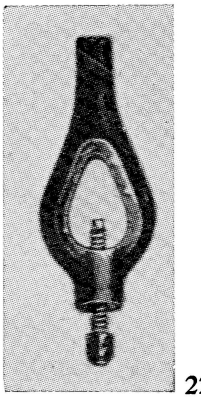
219

2. Côté „pièce"

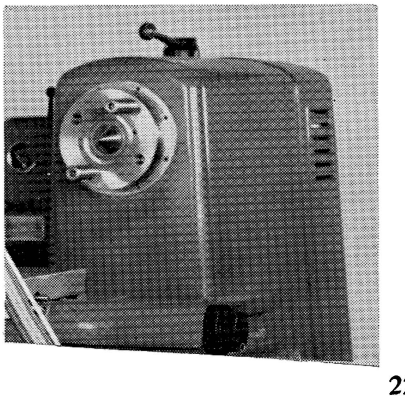
C'est l'entraîneur proprement dit. On l'appelle habituellement „TOC" ; il est fixé à la pièce (fig 219 et 220).

3. Montages

Quand le toc est coudé, la partie pliée se loge dans une des lumières du plateau désigné de par sa fonction sous le nom de „PLATEAU POUSSE-TOC" (fig 218).



220



221

Quand le toc est droit, un index d'entraînement nommé „POUSSE-TOC" est fixé dans la lumière du plateau et entraîne le toc (fig. 221).

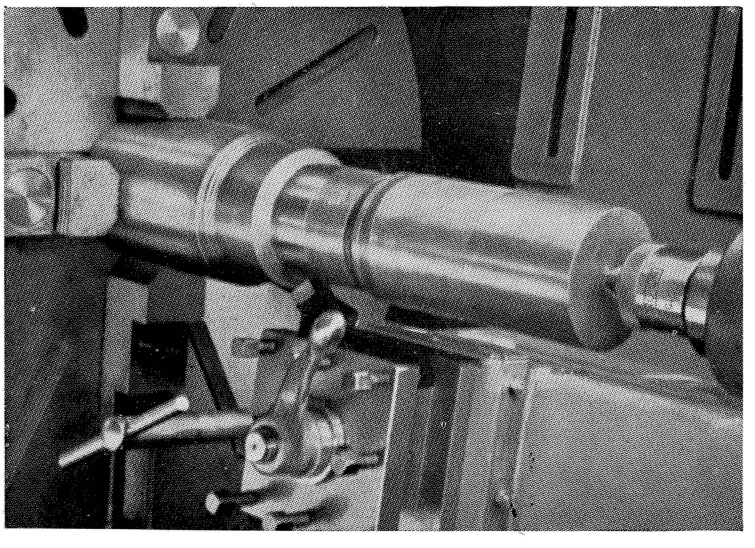
Remarque :

Quand les vitesses de rotation sont élevées, il est recommandé d'équilibrer le toc.

K. MONTAGE MIXTE

Certaines pièces sont trop longues pour pouvoir être travaillées „EN L'AIR" ; d'autre part, il peut être impossible ou inutile de les monter „ENTRE POINTES".

On peut alors faire un montage „MIXTE" (fig. 222), c'est-à-dire un montage en l'air assuré par la contre-pointe.



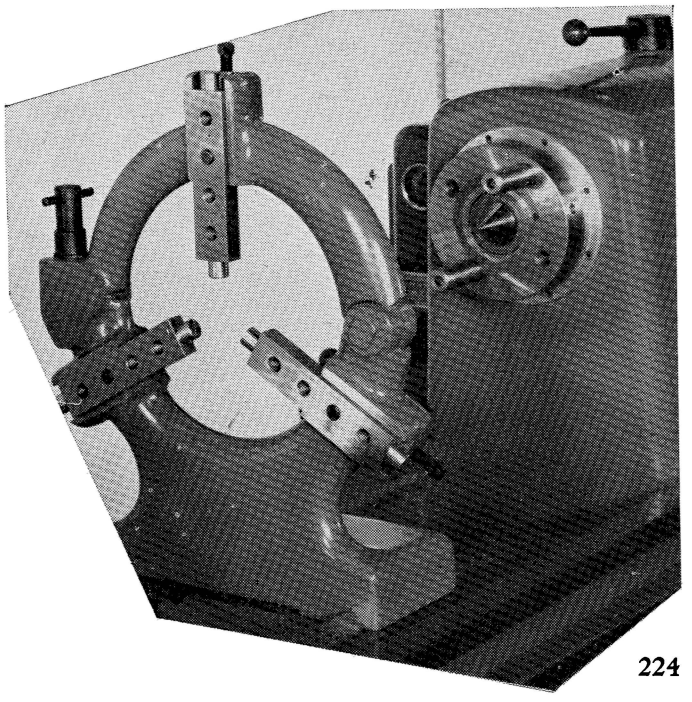
222

L. ACCESSOIRES

Les pièces longues, montées sur la machine de l'une ou l'autre des façons développées plus haut, se déforment pendant le travail : l'effort de coupe les fait fléchir. Le volume réalisé n'est pas, par exemple, un cylindre, mais présente une forme bombée, rappelant celle du tonneau. Ce défaut disparaît dès qu'il est possible de les soutenir. A cet effet, deux accessoires sont fournis avec la machine.

1. La lunette fixe (fig. 223 et 224)

Elle se place directement sur le banc du tour et s'y fixe par une clame et un boulon.
Trois touches en bronze disposées à 120° et réglables par vis permettent de maintenir la pièce exactement dans l'axe de la broche.



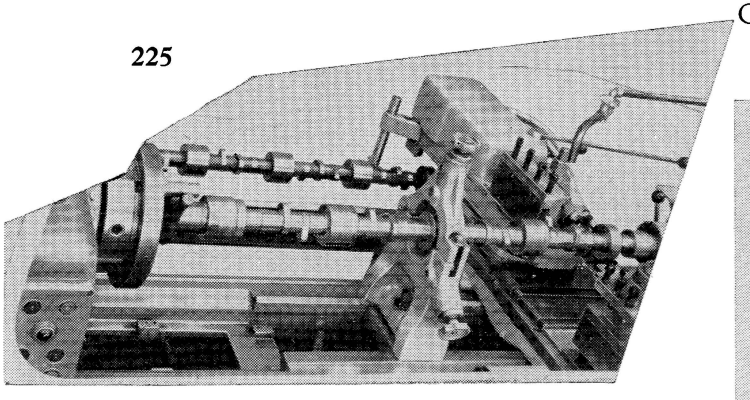
224

Remarques :

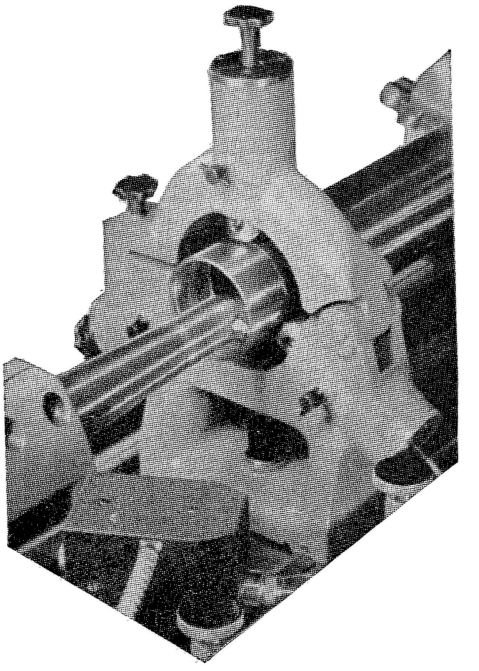
1. De par sa situation, la lunette empêche d'usiner une pièce d'un bout à l'autre.

Elle est donc utilisée pour des opérations localisées et située le plus près possible de l'endroit où se pratique l'opération.
L'illustration 225 montre clairement la façon de monter la lunette fixe pour une opération déterminée.

225



2. La partie de la pièce qui frotte sur les touches doit être usinée avant de placer la lunette ; on l'appelle : **PORTEE DE LUNETTE.**
3. La lunette étant fixe, le frottement de la pièce sur les touches varie avec les efforts de coupe. Afin de conserver pièce et lunette en parfait état, une lubrification s'impose.
4. Quand un alésage doit être usiné en bout d'une pièce assez longue, il n'est pas possible de placer la contre-pointe.



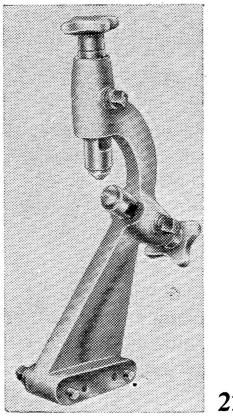
226

On peut alors effectuer un montage mixte dans lequel le support de pièce n'est plus la contre-pointe, mais la lunette fixe (fig. 226).

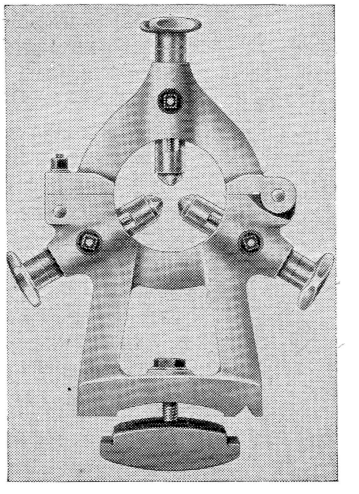
2. La lunette à suivre (fig. 227 et 228)

Quand l'usinage doit se faire sur une grande partie de la pièce, il est plus intéressant de monter une lunette qui suit l'outil ; d'où le nom du second accessoire : **„LUNETTE A SUIVRE".**

Cette lunette se fixe au chariot, elle porte deux ou trois



227

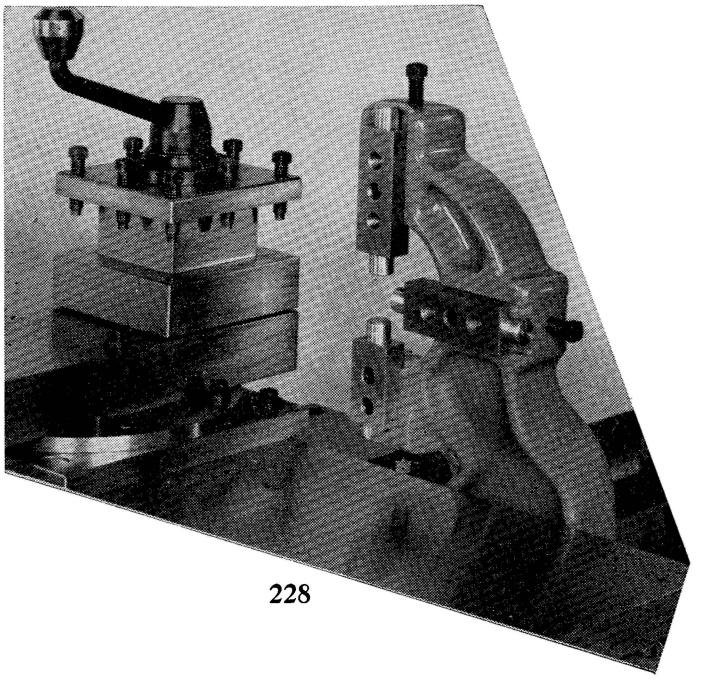


223

touches en bronze selon le modèle adopté par le constructeur (fig. 227 et 228).
Après amorçage d'une passe, la lunette est placée et réglée en position sur la partie cylindrique usinée.
Tout comme pour la lunette fixe, une lubrification des touches est nécessaire pendant le travail.

Remarque générale :

Dans l'équipement de la machine on trouve toujours une seule lunette à suivre ; par contre, le nombre de lunettes fixes dépend de la longueur de la machine.
A partir d'un certain entre-pointes, il y a toujours deux lunettes fixes dans l'équipement de la machine.
Le rapport entre la longueur et le diamètre d'une pièce qui détermine l'emploi de la lunette fixe est 20 : (L = 20 D).



228

RÉSUMÉ

LA PIÈCE (suite)

4. MONTAGES

Le montage EN L'AIR **est réalisé au moyen des organes précédemment étudiés. Pour l'usinage des pièces successivement sur plusieurs machines ou en plusieurs montages successifs, on adopte le montage** ENTRE POINTES.
La pièce est alors placée entre deux pointes, une qui tourne avec la broche (POINTE TOURNANTE), **l'autre fixe** (CONTRE-POINTE) **placée dans le** CANON **de la** CONTRE-POUPEE. **Le mouvement de rotation est transmis par un entraîneur.**
Avant de monter entre pointes, il faut réaliser des SR sur la pièce, ce sont les CENTRES.

5. LES CENTRES

Ce sont des surfaces coniques (60° ou 90°) prolongées par une partie cylindrique de dégagement ; ils sont creusés au moyen de forets à centrer.

6. LES POINTES

Elles sont placées dans l'alésage au cône Morse pratiqué dans le nez de broche. La pointe a le même angle que le centre. Les matières utilisées pour leur fabrication sont l'acier trempé ou le carbure métallique (pour l'extrémité seulement).

7 LES CONTRE-POINTES

Elles ont la même constitution de principe que les pointes. On en trouve de différents types, dont les principaux sont :
— les contre-pointes ORDINAIRES,
— les contre-pointes A BOUT DEGAGE,
— les contre-pointes TOURNANTES.

8. LA CONTRE-POUPÉE

La contre-poupée reçoit la contre-pointe, elle repose sur le banc et a deux fonctions principales :
— adapter la distance entre les pointes à la longueur de la pièce, par glissement sur le banc et déplacement du canon dans le CORPS ;
— aligner l'axe de la contre-pointe et celui de la pointe par déplacement transversal du corps sur la SEMELLE.

9. LES ENTRAÎNEURS

Ils sont apparentés aux organes de fixation des pièces, la différence consiste en ce que les deux parties fictives des organes de fixation sont ici virtuellement séparées.
Le côté broche est formé par un PLATEAU POUSSE-TOC, **le côté pièce par un TOC droit ou coudé.**

10. MONTAGE

Les pièces longues qui ne demandent pas l'exécution d'un montage entre pointes sont usinées en montage mixte, c'est-à-dire un montage en l'air complété par le support de la contre-pointe.

11. ACCESSOIRES

Pour éviter la flexion des pièces longues, on emploie des LUNETTES. Elles sont de deux types :
— la LUNETTE FIXE pour les opérations localisées ou pour les montages mixtes spéciaux,
— la LUNETTE A SUIVRE qui suit l'outil tout au long de sa trajectoire. Elle est employée pour des opérations de plus grande longueur.

QUESTIONNAIRE

1. *Le montage en l'air convient-il pour l'usinage des pièces suivantes :*
   — vis ø 6, long. 10 ?
   — vis ø 14, long. 45 ?
   — vis ø 8, long. 65 ?
   Justifier la réponse.
2. *Quel est l'avantage principal du montage entre pointes ? Quel en est l'inconvénient principal ?*
3. *Pourquoi protège-t-on les centres ?*
4. *Est-il possible de réaliser une contre-pointe tournante qui permettrait de dresser une face ? Expliquer.*
5. *Trouver 10 montages mixtes différents.*
6. *Quel inconvénient présente le montage entre pointes dans le cas des pièces de très petit diamètre ? Voyez-vous une méthode pour y remédier ?*
7. *Quel est le rapport entre le diamètre et la longueur qui indique qu'il faut placer la lunette ?*
8. *Quelles précautions demandent le placement et le réglage de la lunette ?*

III. L'OUTIL

A. CONSTITUTION

Ainsi qu'il a été dit au cours des chapitres précédents, les matières constitutives des outils sont :
— l'acier fondu,
— l'acier rapide,
— les carbures métalliques.
Seuls les deux derniers sont d'un usage courant en tournage. L'acier rapide admet une vitesse de coupe de 20 à 60 m/min, tandis que les carbures métalliques sont employés à des vitesses comprises entre 100 et 400 m/min.
Une quatrième matière apparaît sur le marché, appelée peut-être à révolutionner les théories établies : la céramique. Son usage n'est pas encore répandu ; mais on sait déjà qu'elle offre certains avantages sur le carbure métallique, surtout au point de vue remplacement.

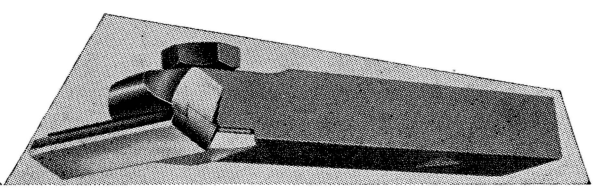
B. FORME GÉNÉRALE

1. Le corps

D'une façon beaucoup plus apparente que dans le cas de l'outil de rabotage, la forme et les dimensions du corps d'outil varient avec la position de la surface à usiner. Ainsi, par exemple, un outil à charioter dans un alésage (aléser) (fig. 229) ne présente pas du tout la même forme qu'un outil à charioter sur l'extérieur d'une pièce (fig. 230).

229

Le corps de l'outil de tournage, tout comme celui de rabotage, est choisi de forte section, pour réduire au maximum les vibrations et fléchissements sous l'effort de coupe et évacuer la chaleur accumulée au bec.
Peu d'outils de tournage sont contrecoudés, si ce n'est quelques types d'outils à tronçonner et à fileter.



230

2. Le bec

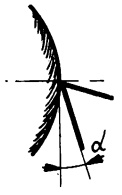
La forme générale du bec de l'outil dépend de l'opération à exécuter. Les angles caractéristiques y sont réalisés.

C. ANGLES CARACTÉRISTIQUES

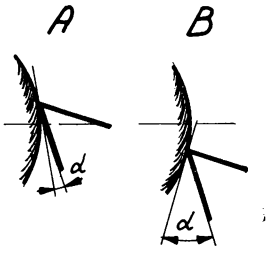
1. Angles caractéristiques de base

a. ANGLE DE DÉPOUILLE

Il est compris entre la tangente à la pièce au point de contact et la face de l'outil orientée vers la surface usinée (fig. 231).



231



232

Influence de la position de l'outil

Un outil placé plus haut que le centre voit son angle de dépouille diminuer (fig. 232A) ; le phénomène inverse se produit quand l'outil est trop bas (fig. 232B).

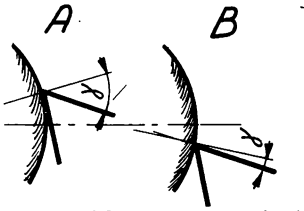
b. ANGLE DE DÉGAGEMENT

Il est compris entre la normale à la pièce, menée au point de contact, et la face supérieure de l'outil, sur laquelle glisse le copeau (fig. 233).

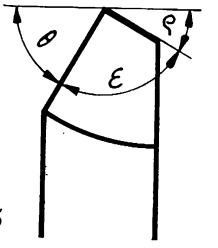
Influence de la position de l'outil

Un outil placé plus haut que le centre voit son angle de dégagement augmenter (fig. 234A), tandis qu'une position plus basse diminue l'angle (fig. 234B).

233



234 235



2. Autres angles caractéristiques

Tout comme avec l'outil de rabotage et pour les mêmes raisons, on réalise sur l'outil de tournage :

— **l'angle d'attaque,** θ
— **l'angle arrière** ρ

En découle **l'angle de pointe** de l'outil ε (fig. 235).

D. VARIATION DE L'ANGLE DE DÉGAGEMENT

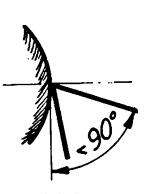
Ainsi qu'il a été établi au cours des chapitres précédents, l'angle de dégagement varie avec la matière à travailler. Il détermine l'angle de coupe.

Longtemps, on a jugé indispensable de donner à l'angle de coupe une valeur inférieure à 90° (fig. 236). Ceci entraîne cependant certains inconvénients :

1. la diffusion de la chaleur de coupe depuis l'arête tranchante est de plus en plus difficile au fur et à mesure que l'angle de coupe diminue ;
2. du fait de la réduction de matière, l'arête tranchante est fragile ;
3. l'effort de coupe se traduit par un effort F du copeau sur l'outil perpendiculairement à la face supérieure. On considère que cette force se décompose en deux parties : la première composante F_2 tend à faire fléchir l'outil, tandis que F_1 a tendance à entraîner l'outil vers la pièce ; ce qui, dans certains cas, se traduit effectivement par une plongée de l'outil dans la pièce (fig. 237).

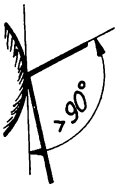
Comme il existe toujours un jeu entre les organes qui transmettent le mouvement de l'outil, ce phénomène devient un grave inconvénient dont la solution est l'agrandissement de l'angle de coupe, jusqu'à ce que la composante F_1 change de sens.

Cette solution est possible quand l'angle de coupe est plus grand que 90° (fig. 238). On construit effectivement de tels outils ; d'où leur nom : „outils à coupe négative" (face en dégagement orientée au-dessus de l'horizontale passant par ce centre).



236

237



238

239

L'observation de tels outils montre bien que tous les inconvénients des outils à coupe positive sont éliminés, en effet :

1. et 2. la diffusion de la chaleur est facilitée, et l'arête tranchante devient plus résistante ;

3. l'effort de coupe, qui se traduit toujours par un effort du copeau sur l'outil perpendiculairement à la face supérieure, se décompose en deux forces : F_2 qui tend à faire fléchir l'outil, et F_1 qui écarte l'outil de la pièce (fig. 239).

Ce phénomène constitue une garantie pour la régularité de la coupe.

Par contre, les outils à coupe négative exigent de la machine un effort beaucoup plus élevé, et par conséquent supportent un effort de coupe beaucoup plus considérable. Ces outils ne peuvent être utilisés que sur des machines puissantes et rigides ; du fait des efforts supportés, ils sont fabriqués en carbure métallique.

E. PARTICULARITÉ D'AFFÛTAGE

Tout comme l'outil de rabotage, l'arête tranchante peut être inclinée vers l'avant ; il en est de même pour la pointe de l'outil qui peut être arrondie.

RÉSUMÉ

L'OUTIL

1. CONSTITUTION
L'emploi de la gamme de matières à outil est plus étendu dans le cas du tournage que dans celui du rabotage ; pour certains usinages, on emploie même la céramique qui donne des résultats supérieurs à ceux obtenus avec le carbure métallique.

2. FORME GÉNÉRALE
a. Le corps
Le corps de l'outil est choisi de forte section comme celui de l'outil de rabotage et pour les mêmes raisons. La position de la surface à usiner influe plus fortement sur la forme du corps.
b. Le bec
Sa forme dépend de l'opération à exécuter ; on y trouve les angles caractéristiques.

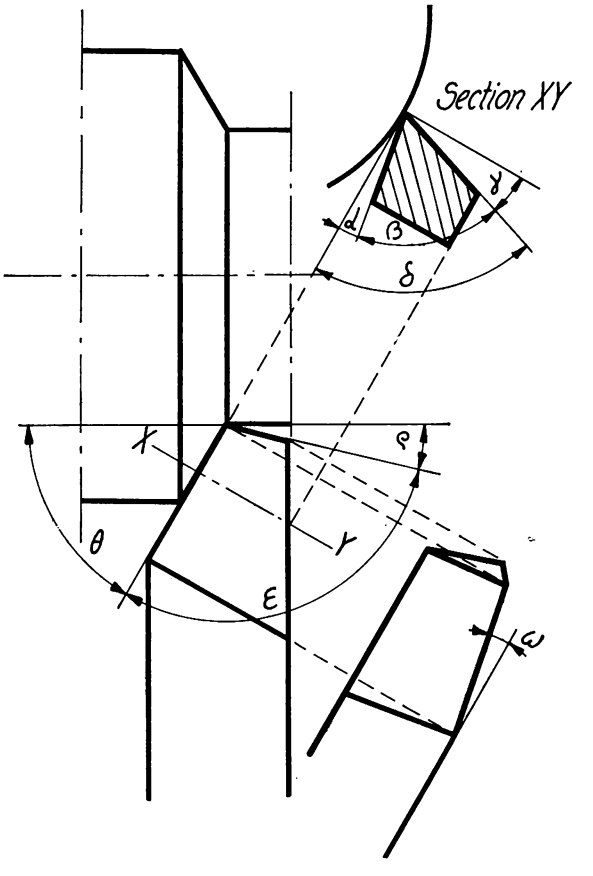
3. ANGLES CARACTÉRISTIQUES
Tout comme en rabotage, les angles caractéristiques peuvent être groupés en deux familles :
— ceux qui dépendent de la matière à couper (angle de dépouille, de dégagement, de coupe, et solide) ;
— ceux qui varient suivant les dimensions et la forme de la pièce (angle d'attaque, de pointe, et arrière).

4. VARIATION DE L'ANGLE DE DEGAGEMENT
L'examen de la décomposition de l'effort de coupe a amené la construction et l'emploi d'outils à angle négatif (angle de coupe supérieur à 90°). Ces outils présentent de nombreux avantages quant à la résistance et à la régularité de coupe, mais ils ne peuvent être utilisés que sur des machines puissantes et rigides.

QUESTIONNAIRE

1. *Dessiner un outil d'alésage en position correcte de coupe.*
2. *La matière constitutive de l'outil peut-elle influencer la valeur de l'angle de dégagement ? Expliquer.*
3. *Dans quel cas d'usinage doit-on avoir un angle d'attaque égal ou voisin de 90° ? Expliquer.*

F. REPRÉSENTATION CONVENTIONNELLE



α . angle de dépouille
β . " de l'outil
γ . " de dégagement
δ . " de coupe
θ . " d'attaque
ε . " de pointe
ρ . " arrière
ω . inclinaison de l'arête.

G. QUELQUES VALEURS DE α ET γ

Matières	α	γ	*Matières*	α	γ
Ac. doux	8°	30°	Aluminium	10°	40°
Ac. 1/2 dur	6°	20°	Cuivre	10°	35°
Ac. dur	6°	10°	Laiton	10°	0°
Fonte	5°	5°	Bronze	8°	5°

241

H. SENS DE COUPE

La bonne utilisation de la machine conduit à faire tourner la broche „à l'endroit", c'est-à-dire dans le sens opposé à celui des aiguilles d'une montre, l'observateur regardant la pièce de la contre-poupée ; et aussi „à l'envers", ou „à rebours".
On distinguera ainsi les outils qui coupent dans l'un ou l'autre sens : outil à l'endroit (le plus commun), outil à rebours.

Remarque :

Travailler à rebours sur un tour dont le nez de broche est fileté (voir fig. 196) peut présenter un grave inconvénient. En effet, lorsque l'effort de coupe dépasse la force de blocage de l'organe porte-pièce, on assiste au dévissage de celui-ci, avec tous les risques que cet incident comporte.

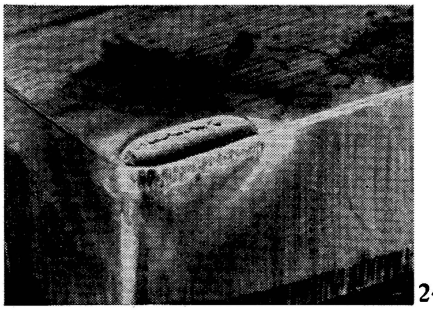
I. SENS D'AVANCE

L'exécution de deux surfaces semblables, disposées symétriquement par rapport à l'opérateur, justifie l'emploi de deux outils semblables mais symétriques.
On trouve ainsi des outils **„à droite"** qui coupent dans le sens de droite à gauche, et des outils **„à gauche"** qui coupent dans le sens contraire.
Certains même peuvent travailler dans les deux sens, d'où leur nom : „outils **droite et gauche"**.

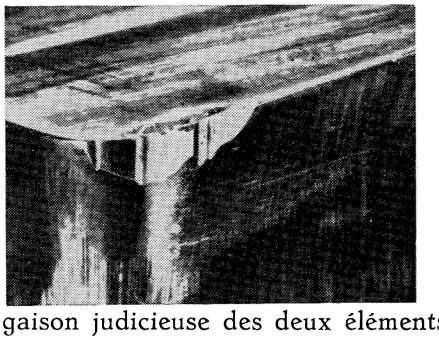
J. CONJUGAISON DE LA VITESSE DE COUPE ET DE L'AVANCE

L'examen de l'usure d'un outil indique si la vitesse de coupe et l'avance sont bien adaptées l'une à l'autre.
En effet, si l'avance est trop élevée par rapport à la vitesse de coupe, l'usure principale se remarque sur la face en dégagement ; cette usure a la forme caractéristique du cratère (fig. 242 et 243).
Si, au contraire, la vitesse de coupe est trop importante par rapport à l'avance, l'usure principale se remarque du côté dépouillé (fig. 244).

242 Formation du cratère



243



244

Une conjugaison judicieuse des deux éléments répartit l'usure sur les deux faces, et de ce fait entretient l'arête tranchante en état, cela évidemment dans certaines limites.
L'examen de l'outil avant l'affûtage est donc essentiel pour l'estimation de l'exactitude du choix des éléments de coupe.

K. LUBRIFICATION DES OUTILS

La vie d'un outil est fonction directe de la température que le bec supporte. Cette température provient de deux sources :

1. de la transformation en chaleur de l'énergie déployée pour l'arrachement du copeau (principe mécanique) ;
2. du frottement : a. du copeau sur l'outil,
   b. de l'outil sur la pièce.

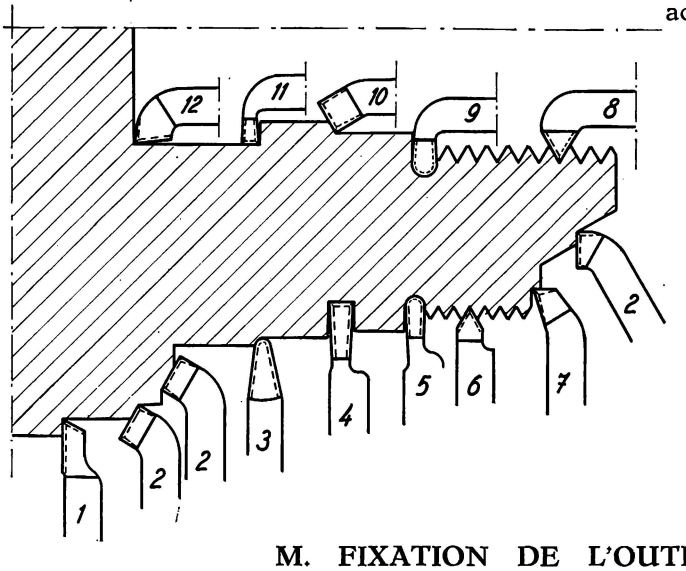
Prolonger la vie de l'outil consiste donc à éliminer une partie de la chaleur dégagée, en réduisant l'activité des sources de chaleur.
Réduire la transformation de l'énergie en chaleur n'est possible qu'en diminuant fortement la vitesse de coupe. Il n'y a donc qu'une solution : refroidir l'outil.
Diminuer les frottements revient à réduire le coefficient de frottement, ce qui peut s'obtenir par l'interposition

d'une solution grasse entre copeau et outil, entre outil et pièce.
Les huiles conviennent parfaitement en ce qui concerne la diminution du coefficient de frottement, mais ne possèdent pas le pouvoir réfrigérateur de l'eau. Celle-ci, de son côté, présente le gros inconvénient d'oxyder les parties métalliques non protégées.
Des solutions intermédiaires sont adoptées ; on emploie des solutions aqueuses : eau + savon, eau + huile soluble, ..., qui ont un pouvoir réfrigérateur voisin de celui de l'eau sans en présenter l'inconvénient. On utilise aussi des huiles spéciales de coupe : huile soufrée, huile de colza,...
Le choix du lubrifiant dépend de la matière travaillée et du travail effectué.

L. FORMES DES OUTILS

En principe, à chaque opération élémentaire correspond un outil déterminé. La règle n'est pas absolue, un même outil convient parfois pour des opérations différentes.

Les formes d'outils les plus courantes sont représentées à la figure 245.
Leur nom est tiré de leur fonction ou de leur forme active.

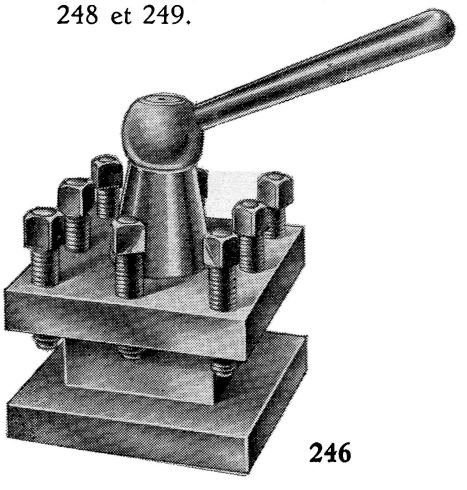


1. Couteau français
2. A charioter
3. A charioter, de finition
4. A saigner
5. A gorge
6. A fileter
7. A dresser les angles
8. A fileter intérieur
9. A gorge intérieur
10. A aléser
11. A saigner intérieur
12. A dresser les fonds

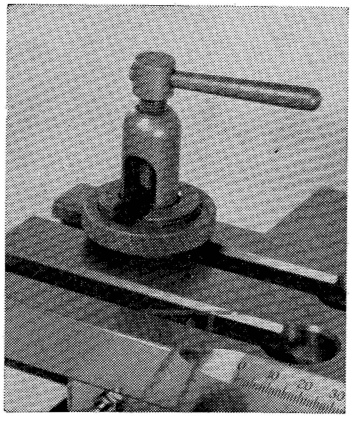
245

M. FIXATION DE L'OUTIL

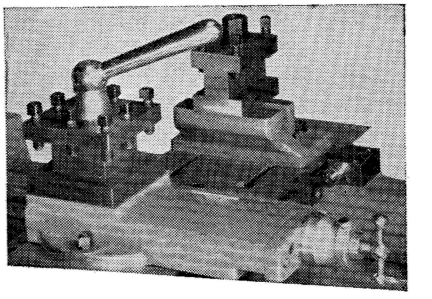
L'outil se fixe à un support d'outil, lequel assure l'intégralité de la transmission des mouvements.
En plus de la transmission des mouvements, le support permet le placement de l'outil en position correcte de coupe, c'est-à-dire :
— la pointe de l'outil à hauteur du centre,
(rappel : influence de la position de l'outil, fig. 231, 233)
— porte-à-faux minimum pour réduire les flexions et vibrations dues aux efforts de coupe.
Il existe une grande variété de supports d'outil, dont quelques types sont représentés aux figures 246, 247, 248 et 249.



246



247



248

249

RÉSUMÉ

L'OUTIL (suite)

5. SENS DE COUPE

Selon que la pièce tourne dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire, on emploie des outils à l'envers ou à rebours (les plus habituels), ou à l'endroit.

6. SENS D'AVANCE

De même, suivant le sens d'avance adopté pour l'outil, on distingue les outils à droite, à gauche, ou droite et gauche.

7. CONJUGAISON DE LA VC ET DE L'AVANCE

Une conjugaison judicieuse des deux éléments répartit l'usure sur les deux faces et entretient, de ce fait, le tranchant en état. Une usure trop marquée en dépouille indique que la vitesse est trop grande, tandis que l'usure (en cratère) sur la face dégagée signale que l'avance adoptée est trop élevée.

8. LUBRIFICATION

Pour augmenter la vie de l'outil, on élimine la chaleur de coupe par lubrification. La température au bec de l'outil provient de deux sources :
— la transformation de l'énergie déployée
— les frottements.
La lubrification a donc pour objet de s'opposer aux effets conjugués des deux sources de chaleur.

9. FORME DES OUTILS

Chaque opération a déterminé la forme de l'outil qui lui est propre et qui en a reçu son nom.

10. FIXATION DE L'OUTIL

Le support d'outil doit remplir deux fonctions :
a. permettre de placer la pointe de l'outil à hauteur du centre ;
b. réduire au minimum le porte-à-faux.
Il en existe une grande variété.

QUESTIONNAIRE

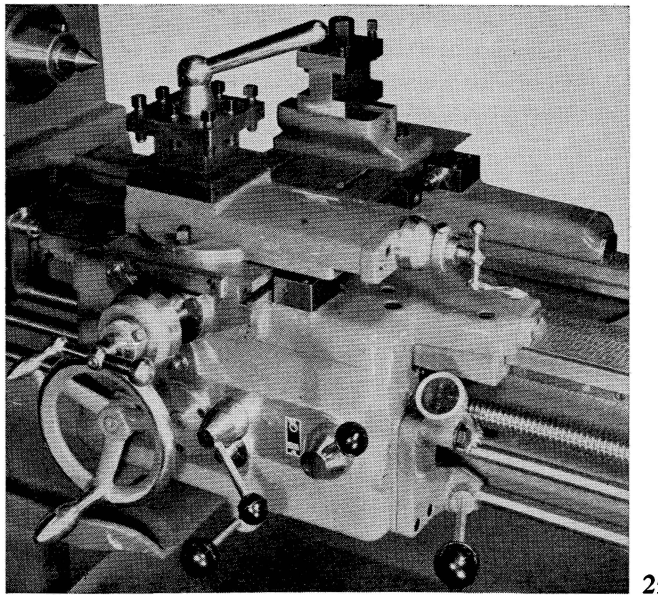
1. *Représenter l'outil à cylindrer dont les caractéristiques sont les suivantes :*

$\alpha = 6°$ $\quad \theta = 80°$ $\quad \omega = 0°$
$\gamma = 15°$ $\quad \rho = 5°$ $\quad r$ ou $R = 1$ mm

2. *Comment peut-on se rendre compte que la Vc et l'avance sont parfaitement conjuguées? Expliquer.*

N. DÉPLACEMENT DE L'OUTIL

L'avancement de l'outil est assuré par un organe „porte-outil", qui permet de le déplacer dans un plan horizontal, dans toutes les directions et tous les sens.
Le support d'outil est fixé sur un groupe de coulisseaux superposés qui assurent son déplacement, et par conséquent celui de l'outil dans les conditions requises (fig. 250).
En vertu même des opérations de tournage (chariotage, alésage, dressage), on conçoit très bien la nécessité de l'existence de trois coulissements :
— un premier, parallèle à l'axe du tour (chariotage et alésage cylindriques),
— un second, perpendiculaire à l'axe du tour (dressage),



250

— un troisième, oblique à l'axe du tour, dont l'inclinaison doit être réglable pour assurer la réalisation de toutes les pièces coniques (chariotage et alésage coniques).

Remarques :

a. La conjugaison de deux coulissements permet toutes les trajectoires conformes aux génératrices des différents volumes de révolution.

b. Les outils dont l'arête tranchante est conforme aux génératrices de la surface à usiner ne demandent qu'un seul coulissement, ils travaillent „EN PLONGEE".

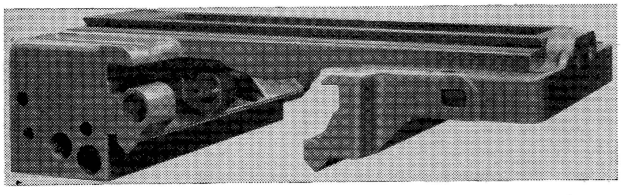
Fonctionnement des coulisseaux

1. Le traînard

Le coulissement longitudinal s'effectue par le chariot principal appelé **„TRAINARD".**

L'illustration 251 montre un traînard d'une forme un peu particulière ; il est cependant bâti sur le même principe que tous les autres : il repose sur le banc, il y coulisse, et la partie supérieure constitue la glissière du chariot transversal.

Tous les organes de commande sont fixés à la partie antérieure appelée **„TABLIER"** ; ils y sont groupés en deux parties :



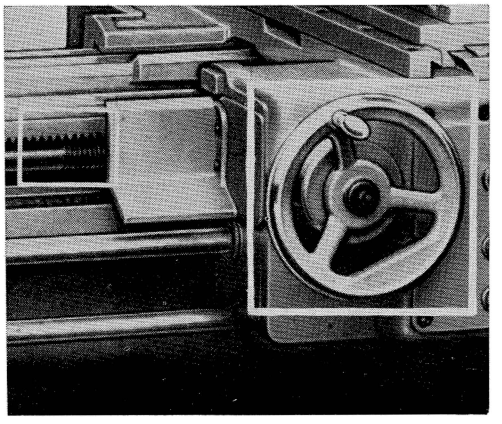
251

— la partie qui transmet le mouvement de l'opérateur et donne lieu à un avancement manuel du traînard ;

— à cette première partie d'organes de transmission s'ajoute une seconde qui permet de commander le traînard en fonction de la rotation de la pièce ; elle donne lieu à un avancement automatique.

Commande manuelle

Le volant transmet le mouvement de l'opérateur grâce à un jeu d'engrenages, dont le dernier engrène avec une crémaillère fixée sur le banc du tour (fig. 252).



252

Commande automatique

Les mêmes organes de commande peuvent être actionnés par un mécanisme qui coordonne la rotation de la pièce et l'avancement de l'outil.

Dans ce mécanisme, trois parties sont distinctes :

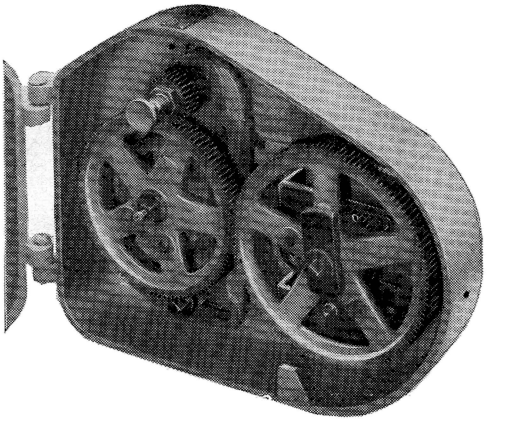
1. Prise de mouvement à la broche

Le mouvement est transmis de la broche à une boîte de vitesses désignée sous le nom de „boîte d'avances", par l'intermédiaire d'engrenages assemblés sur une **„lyre"** ou **„TETE DE CHEVAL"** (fig. 253).

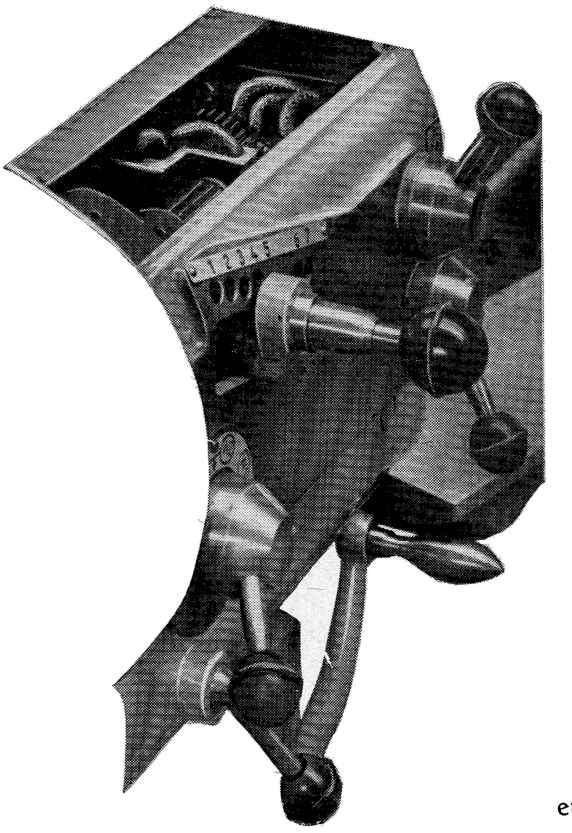
Ce premier ensemble d'organes de transmission occupe l'extrémité gauche de la machine.

2. Transformation du mouvement

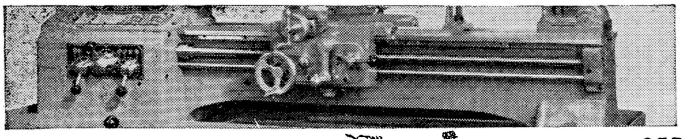
Le mouvement d'entrée est accéléré ou retardé suivant la position respective d'engrenages appropriés (fig. 254).



253



254 et 257



255

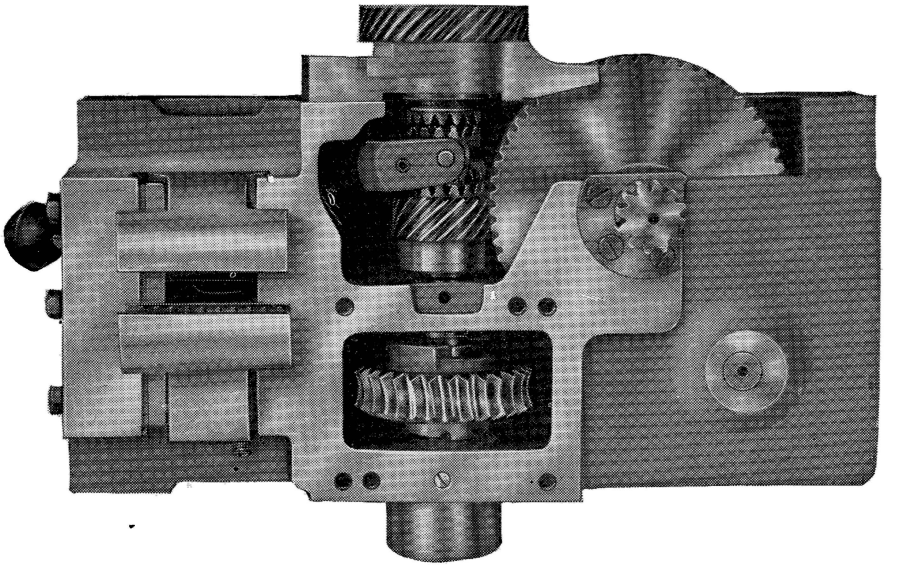
L'arbre de sortie se prolonge par une tringle lisse, connue sous le nom de **„tringle de chariotage"** (fig. 255).

3. Transmission du mouvement au traînard

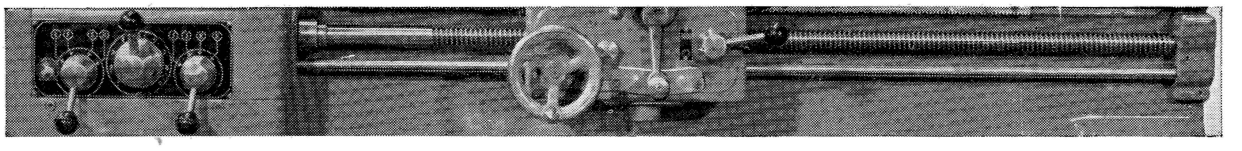
La transmission du mouvement de la tringle au traînard se fait par l'intermédiaire d'un système de pignons et d'embrayage, dont l'illustration 256 est un exemple.

4. Commande du mouvement d'avance automatique Sélection

L'embrayage de l'avance automatique se fait au moyen d'un levier placé sur le tablier.
La sélection de la vitesse de rotation de la tringle de chariotage, donc de l'avancement, se fait par la mise en place des leviers de la boîte d'avances.



256



258

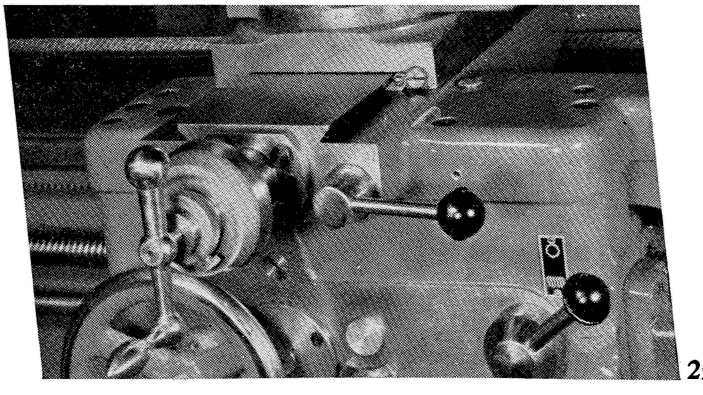
Les illustrations 257 et 258 montrent deux façons, choisies en exemples, de sélectionner et commander l'avance automatique.
Le sens d'avancement peut être inversé par la manœuvre d'un levier de la boîte d'avances.
La valeur des avances est établie par le constructeur et exprimée en mm/tour de broche.

2. Le chariot transversal

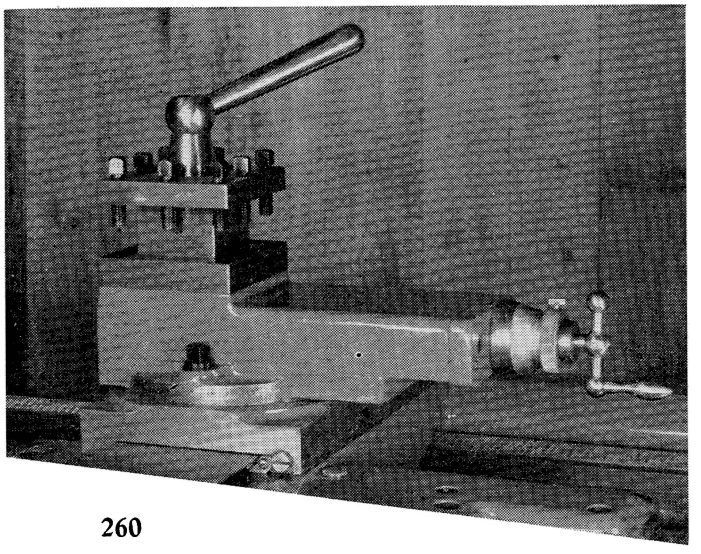
Le chariot transversal coulisse dans la glissière que l'on trouve à la partie supérieure du traînard.
Le déplacement est commandé par un système vis et écrou. Un tambour gradué permet d'évaluer le déplacement en fonction du pas de la vis (fig. 259).
La commande du chariot transversal peut être manuelle (manivelle) ou automatique. L'automatisme de l'avance se fait par le même mécanisme que pour le traînard ; souvent, la poignée d'embrayage peut occuper deux positions.

3. Le chariot porte-outil

C'est le troisième et dernier coulissement. Sur ce chariot, on trouve le support d'outil ; d'où la dénomination „chariot porte-outil".
Il est monté sur le chariot transversal par l'intermédiaire d'une semelle pivotante graduée. Deux boulons permettent de bloquer le chariot dans une position angulaire déterminée, la valeur de l'inclinaison est lue sur la graduation de la semelle.
L'avancement du chariot est seulement manuel, commandé par vis et écrou. Un tambour gradué permet d'évaluer le déplacement en fonction du pas de la vis de commande (fig. 260).



259

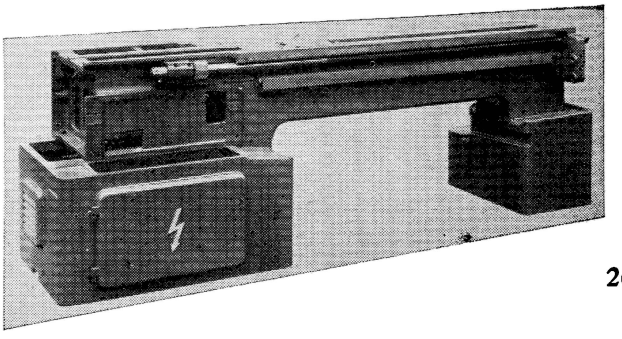


260

Remarques générales :

1. Les jeux entre les glissières et les chariots sont réglables par vis et lardon.
2. L'étude du déplacement de l'outil fait apparaître l'importance du banc de tour.
   Le banc est bien la pièce principale ; elle assure :

a. la liaison entre les poupées,
b. la rectitude du déplacement de la contre-poupée,
c. la rectitude du déplacement du traînard.

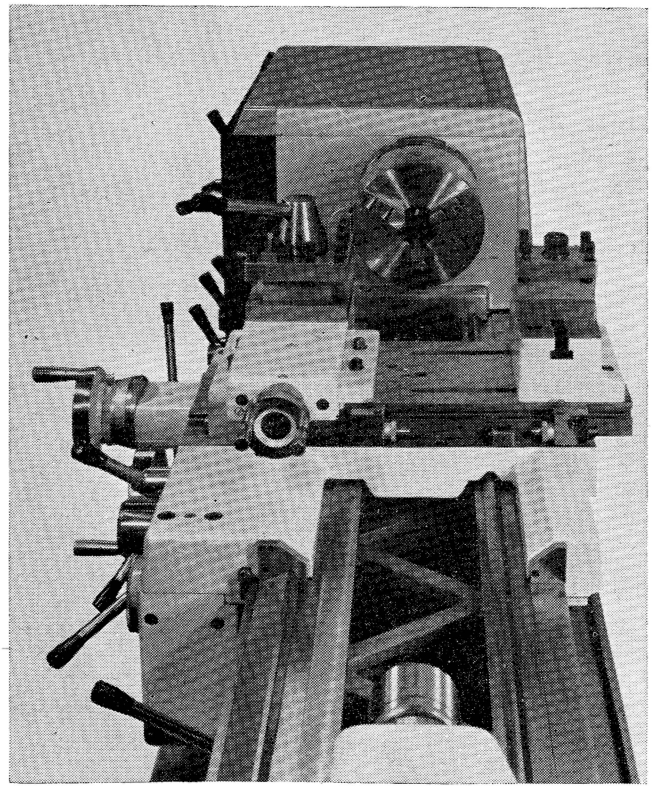


261

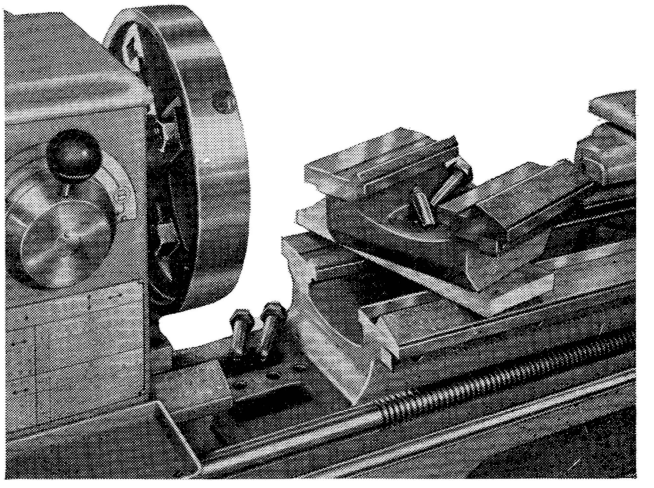
O. LE BANC

Etant donné la complexité de sa forme, le banc est construit en fonte ; les pieds assurent une bonne stabilité à l'ensemble (fig. 261).
Il est étudié pour répondre d'abord à des besoins techniques : facilité de coulée, évacuation des copeaux, maniabilité de la machine... et aussi à des conditions d'esthétique.
Les glissières sont parachevées, le plus souvent, dans la partie supérieure du banc, celle-ci devant recevoir les organes essentiels vus plus haut.

Suivant le constructeur, la forme des glissières peut varier ; on trouve évidemment une glissière pour le traînard et une autre pour la contre-poupée.
Habituellement, chaque glissière se compose de deux parties (fig. 262) :
— une portée plane,
— et une portée prismatique.
On choisit cette disposition pour les avantages qu'elle présente. En effet, grâce à la forme de la glissière, le jeu n'intervient pas : le poids des coulisseaux ou de la contre-poupée applique constamment ceux-ci sur la glissière.
Les glissières sont toujours amenées à leur précision finale par grattage ou rectification et doivent être parallèles à l'axe de la broche.
Sur certaines machines, une partie du banc est démontable, au niveau de l'organe porte-pièce. Ceci afin de pouvoir usiner des pièces courtes de grand diamètre. Le banc est alors dit „avec **Rompu**" ; la partie démontable s'appelle „**pont**" (fig. 263).



262



263

RÉSUMÉ

L'OUTIL (suite)

11. DÉPLACEMENT DE L'OUTIL

L'organe porte-outil doit permettre à l'opérateur de faire décrire à la pointe de l'outil toutes les trajectoires conformes aux génératrices des volumes de révolution.
Il est constitué par trois chariots superposés : le chariot principal ou TRAINARD a un déplacement parallèle à l'axe du tour, tandis que le second permet de déplacer l'outil transversalement — d'où son nom. Le troisième chariot est orientable, il porte le support d'outil.
Le traînard glisse sur le banc, sa commande est manuelle ou automatique ; le mouvement automatique étant lié à la rotation de la broche par l'intermédiaire des engrenages de la tête de cheval, de la boîte d'avances et de la tringle de chariotage.
Le chariot transversal repose sur le traînard, son mouvement est commandé manuellement ou automatiquement par les mêmes organes que le traînard.
Quant au chariot porte-outil, il est orientable sur le chariot transversal et commandé uniquement à la main.

12. LE BANC

C'est la partie principale sur laquelle sont montés ou coulissent les organes étudiés.
Il est réalisé en fonte, les surfaces utiles sont grattées ou rectifiées.
Parfois un ROMPU augmente les possibilités d'usinage de la machine.

QUESTIONNAIRE

1. *Combien de coulissements sont nécessaires pour*
   réaliser : — un cylindre ?
   — une portion de sphère ?
   — un raccordement par un rayon ?
   dresser : — une face ?
2. *Est-il possible de transformer la gamme d'avances d'un tour sans modifier la boîte d'avances ? Expliquer.*
3. *Quel est l'inconvénient de l'usinage par le chariot porte-outil ?*

IV. LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE

A. LE TOURNAGE EN L'AIR

1. Sur mandrin à 3 mors

a. Principe à observer

Tourner les diverses surfaces concentriques ou perpendiculaires **sans démonter la pièce.**
Ce principe admet un cas particulier, celui de la reprise de pièces en mors doux suivant une ou deux surfaces de référence.

b. Montage des mandrins

Précautions à prendre

1. Les surfaces de référence du nez de broche et du mandrin doivent être parfaitement nettoyées.
2. Pour assurer le blocage, l'embrayage automatique ne doit jamais être utilisé sous peine de risque de rupture des paliers.
3. Pour la commodité de l'opérateur, il convient de placer les leviers dans la position qui correspond à la plus petite vitesse de la machine.

c. Démontage des mandrins

1. Nez de broche conique

Se servir des clefs livrées avec la machine.

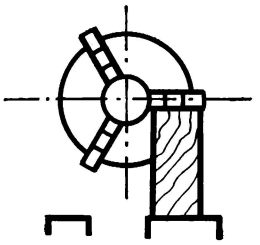
2. Nez de broche cylindrique

Il existe deux méthodes de démontage :

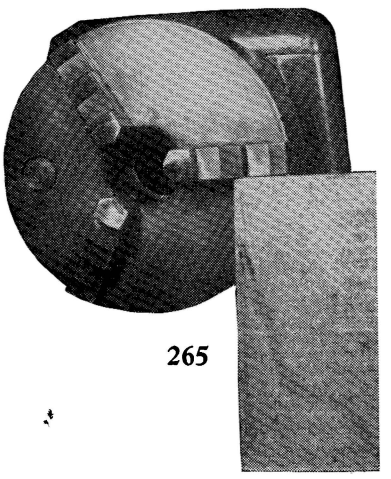
1. Intercaler une cale de bois entre le banc et un des mors. Le déblocage se fait en embrayant, par à-coups, la marche arrière. Le démontage se termine à la main (fig. 264 et 265).
2. Introduire un levier entre deux mors de la façon représentée aux figures 266 et 267. Le démontage s'effectue à la main.

Remarque générale :

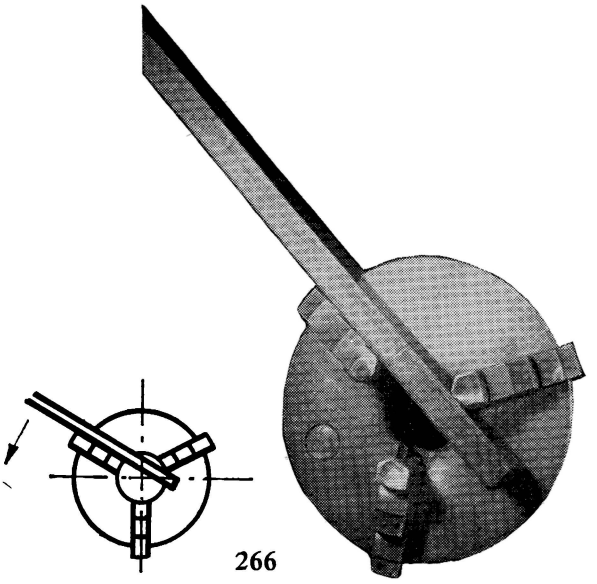
Pour le démontage, comme pour le montage, il convient de placer les leviers dans la position qui correspond à la plus petite vitesse de la machine.



264



265



266

a. à l'endroit

Serrage sur surface extérieure ou surface intérieure moyenne (fig. 268, 269, 270 et 271).

b. à l'envers

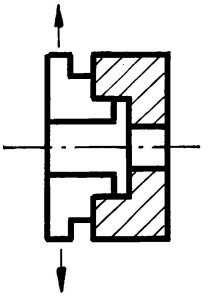
Serrage sur grande surface extérieure (fig. 272 et 273).

2. Mors doux

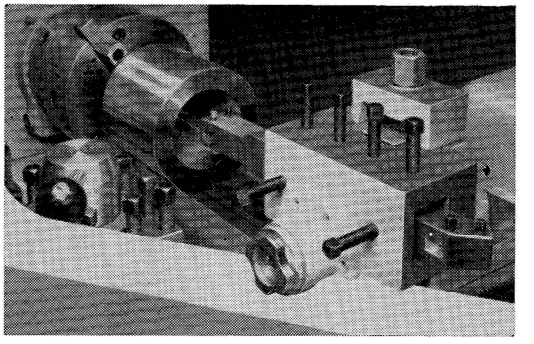
Serrage pour travail en reprise. Les figures 274 et 275 illustrent un serrage à l'endroit ; il est aussi possible de serrer à l'envers.

3. Alésage des mors doux

Soit à reprendre en mors doux la pièce de la figure 276; la partie hachurée représente la matière à enlever en reprise.



270

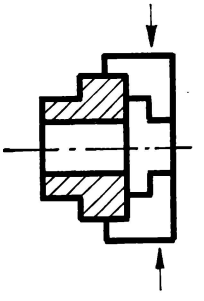


271

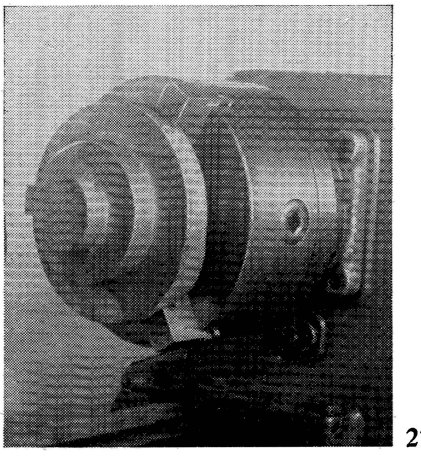
d. Emploi des mors

1. Mors durs

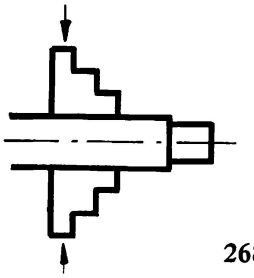
Serrage sur surface brute ou ébauchée.



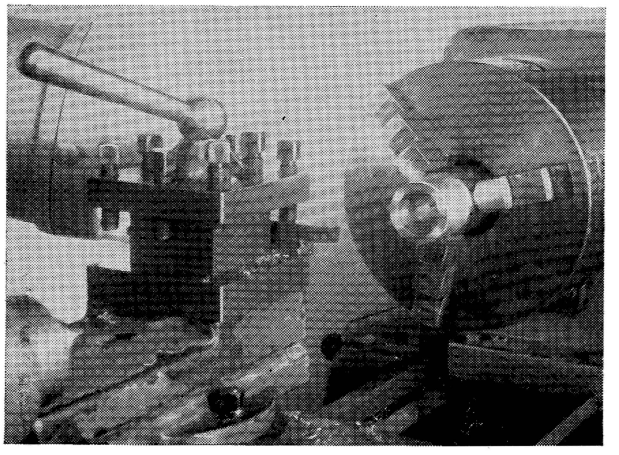
272



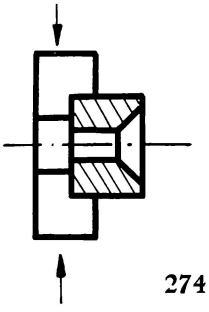
273



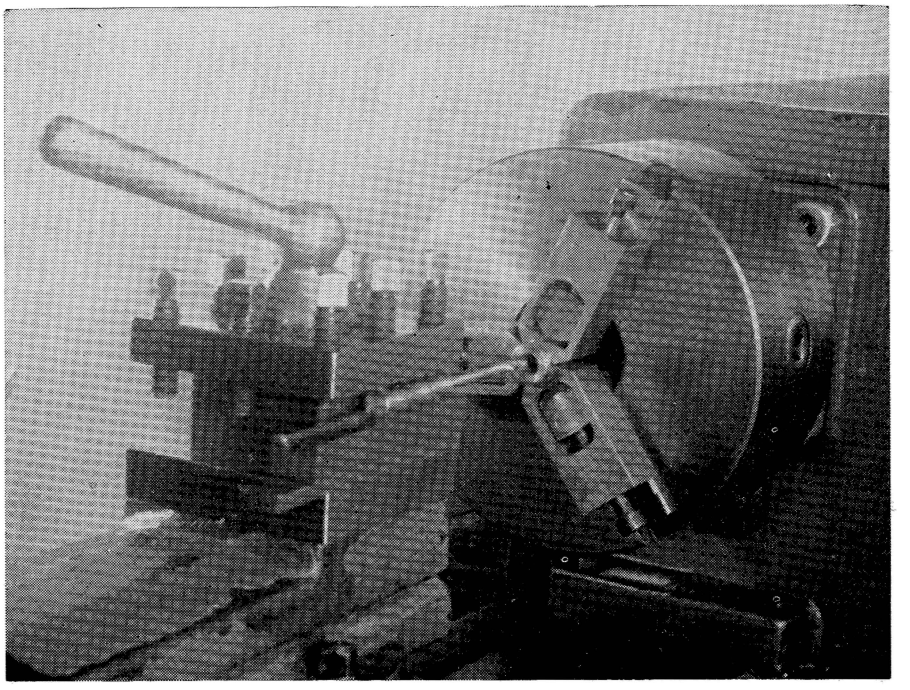
268



269

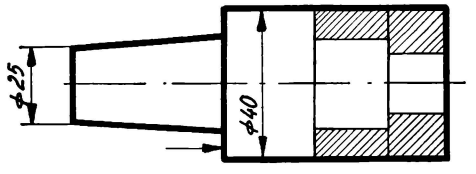


274



275

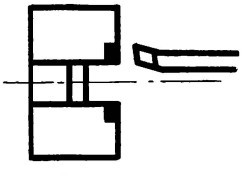
Le serrage s'effectue sur le diamètre 40 et la face → sert de face d'appui.



276

La préparation des mors doux se réalise en deux phases.

1. Serrer une bague dont le diamètre est légèrement inférieur à celui sur lequel le serrage doit s'effectuer; il est essentiel de pincer cette bague de la même manière que la pièce, afin d'éliminer les jeux dans le mandrin. Dans le cas cité, c'est un serrage à l'endroit et la bague mesurera par exemple 35 mm (fig. 277).



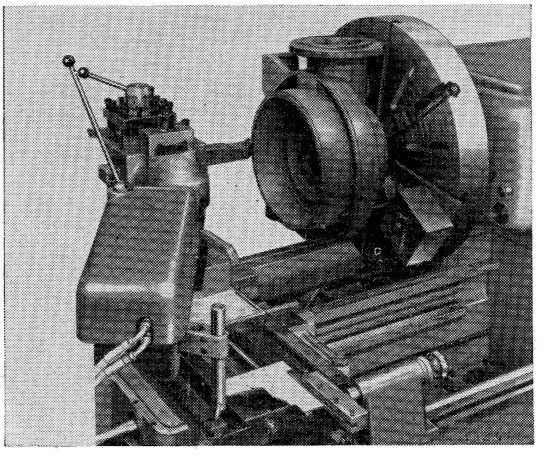
277

2. Aléser les mors doux au diamètre 40 sur quelques mm de long (fig. 277). Le contrôle de la dimension se fait soit avec un calibre, soit en se servant du diamètre 35 de la bague et des graduations du chariot transversal.

2. Montages spéciaux

La seule différence entre le tournage en l'air sur mandrin à trois mors et le tournage en l'air sur les autres supports de pièce se résume en la façon de fixer la pièce.

Les montages et réglages sont beaucoup plus délicats et complexes, le serrage s'effectue par clamage ou par serrage décentré au moyen des mors indépendants (fig. 278).



278

RÉSUMÉ

LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE

1. LE TOURNAGE EN L'AIR

Principe :
Usiner les différentes surfaces sans démonter la pièce (le principe admet le cas particulier des mors doux).
Considérations pratiques

Les organes de fixation de la pièce sont utilisés suivant la forme et les dimensions de cette dernière, ils se montent et se démontent du nez de broche avec le maximum de précautions afin de maintenir les SR en parfait état.
Les mors durs des mandrins sont employés sur leurs parties intérieures ou extérieures, le serrage étant dirigé vers le centre ou vers l'extérieur.
Les mors doux sont usinés en place pour recevoir la pièce, tout en observant qu'il faut reprendre les jeux de mandrin avant l'usinage de l'empreinte.
Quand la pièce est décentrée, par rapport à l'axe du tour, il importe de monter des contrepoids afin d'équilibrer la charge de la broche.

QUESTIONNAIRE

1. *Quel est l'inconvénient des mors doux en une pièce ?*
2. *Pourquoi les mors des mandrins universels sont-ils repérés ?*

B. LE CYLINDRAGE ENTRE POINTES

Ce procédé s'impose pour le tournage EXTÉRIEUR de pièces longues et précises ou de pièces qui subissent des opérations précises successives sur des machines différentes.

1. Principe

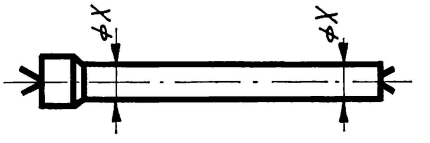
L'axe de la pièce et celui de la broche sont communs et parallèles au guidage du traînard.

2. Montage

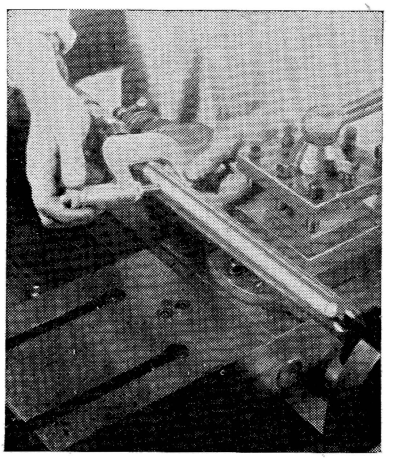
Le montage de la pièce demande certaines précautions :
1. les surfaces de référence (plateau pousse-toc, pointe, contre-pointe, centres) sont parfaitement nettoyées pour assurer une concentricité parfaite ;
2. quand on utilise une contre-pointe ordinaire, il faut graisser le centre qui reçoit la contre-pointe ;
3. en cours de travail, il est nécessaire de surveiller le serrage de la contre-pointe, car la pièce s'échauffe, se dilate, et la pression sur la contre-pointe augmente graduellement.

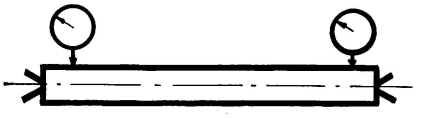
3. Réglage du parallélisme des génératrices

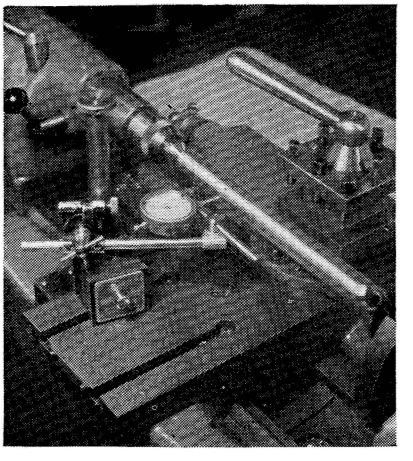
Ainsi qu'il a été dit au cours de l'étude des organes de fixation de la pièce, la contre-pointe peut se déplacer transversalement. Pour obtenir un travail parfait, il est essentiel de s'assurer de l'alignement de l'axe de la contre-pointe par rapport à celui de la pointe.
La première opération est donc une opération de contrôle, suivie éventuellement d'une opération de réglage.
Le plus souvent, le contrôle s'effectue directement sur la pièce usinée, après la première passe.
La différence qui peut exister entre les diamètres relevés à chaque extrémité indique le sens de déplacement de la contre-poupée (fig. 279 et 280).
Quand cette méthode n'est pas applicable, il faut placer un cylindre étalon entre pointes et monter un comparateur sur le traînard.
Par le déplacement du traînard, le contrôle du parallélisme des génératrices du cylindre et du guidage du traînard est alors très aisé (fig. 281 et 282).



279


280


281


282

RÉSUMÉ

LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE (suite)

2. LE CYLINDRAGE ENTRE POINTES

Principe : l'axe de la pièce et celui de la broche sont communs et parallèles au déplacement du traînard.
Considérations pratiques :
Il importe que les SR des différents organes et celles de la pièce soient en parfait état.
Lorsque les contre-pointes fixes sont utilisées, il faut prévoir un graissage de l'extrémité et il est nécessaire de contrôler la pression exercée par les pointes sur la pièce.
Le réglage du parallélisme s'effectue indifféremment de l'une ou de l'autre des deux façons :
a. par mesure du diamètre de la pièce, après au moins une passe d'usinage ;
b. par réglage avec un cylindre étalon et un comparateur.

QUESTIONNAIRE

1. Faut-il placer le comparateur verticalement ou horizontalement pour contrôler l'alignement des pointes ? Dans le second cas, que vérifie-t-on ?

C. LE TOURNAGE CONIQUE

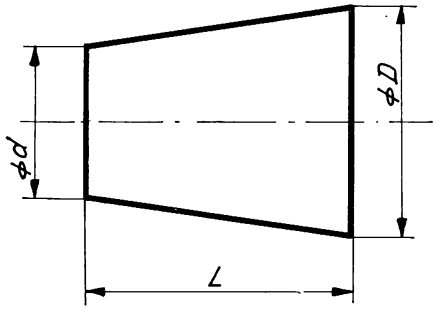
1. Principe

Donner à l'outil une trajectoire oblique par rapport à l'axe longitudinal du tour et parallèle à la génératrice du cône à réaliser ; ou, inversement, placer l'axe de la pièce obliquement par rapport à l'axe du tour, de façon que la génératrice du cône corresponde à la trajectoire du traînard.

2. Caractéristiques d'un cône

a. La CONICITÉ

C'est l'augmentation de **diamètre** du cône par mm de longueur.
Pratiquement, on l'obtient en divisant la différence des diamètres du cône par sa longueur (fig. 283).



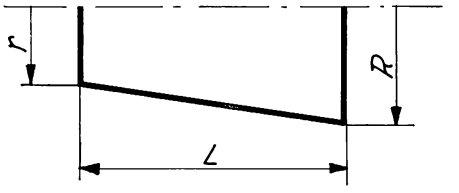
283

$$\text{Conicité} = \frac{D - d}{L}$$

b. La PENTE

C'est l'augmentation de **rayon** du cône par mm de longueur.
Elle est égale à la différence des rayons divisée par la longueur (fig. 284).

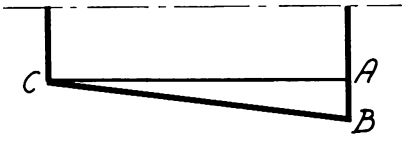
$$\text{Pente} = \frac{R - r}{L}$$



284

Remarques :

1. Par définition, la conicité est double de la pente.
2. Pour le travail au tour, la pente est intéressante à connaître, car elle correspond à la trajectoire de l'outil ou à l'inclinaison de l'axe de la pièce.



285

3. Rapport entre la pente et l'angle correspondant. Dans le triangle rectangle obtenu (fig. 285), AB vaut la différence des rayons et AC est la longueur du cône.

L'angle c d'inclinaison de la génératrice sur l'axe du cône est facilement calculable :

$$\text{tg } C = \frac{AB}{AC}. \text{ Or, } \frac{AB}{AC} = \text{pente} = \frac{R - r}{L}$$

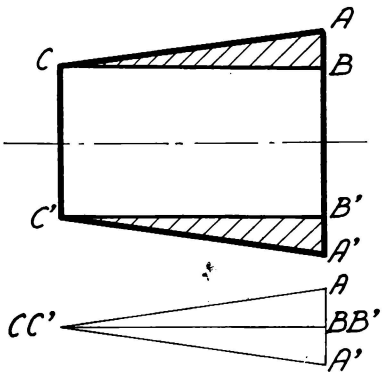
d'où : pente = tg de l'angle d'inclinaison $= \frac{D - d}{2L}$.

Observation

Une erreur fréquente des débutants est de considérer que la conicité est la tg du double de l'angle d'inclinaison parce que la conicité vaut deux fois la pente.
Un examen de la figure 286 montre l'incorrection de cette hypothèse.

En effet, la conicité est égale à :

$$\frac{AB + A'B'}{BC}$$



286

287

On peut accoler les deux triangles rectangles de façon à obtenir un seul triangle (fig. 287) dont l'angle C vaut deux fois la pente ; or ce triangle n'est pas rectangle et la tg Ĉ est différente de $\frac{AA'}{BC}$. Il faut donc considérer que la conicité est le double de la tg de l'angle d'inclinaison, et non la tg du double de l'angle.

Conicité = 2 tg α et non conicité = tg 2 α

4. La conicité et la pente sont exprimées le plus souvent en mm par mm de longueur ; en certaines occasions, on peut le faire en %.

3. Exécution des cônes

a. Inclinaison de la trajectoire de l'outil

1. Par rotation du chariot porte-outil (fig. 288).

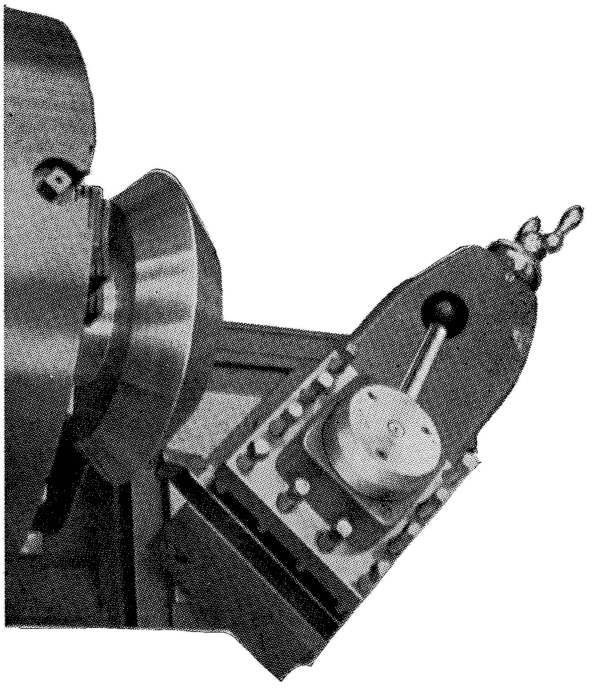
C'est la manière la plus usitée, elle est rapide et convient pour les cônes intérieurs comme pour les cônes extérieurs.

Elle présente cependant certains inconvénients.

— Lorsque la conicité doit être précise, il est indispensable de régler l'inclinaison du chariot autrement qu'à l'aide des graduations. Il faut employer un comparateur et un cône étalon, ou encore régler par tâtonnements suivant les indications des mesures effectuées sur la pièce.

- Le chariot porte-outil ne peut être déplacé automatiquement. Il faut à l'ouvrier une certaine dextérité pour effectuer manuellement un avancement, donc un fini régulier.

- Quand le cône à usiner a une longueur supérieure à la course du chariot porte-outil, l'usinage doit se faire en deux fois au moins. On risque alors d'obtenir une reprise visible sur la surface extérieure du cône.



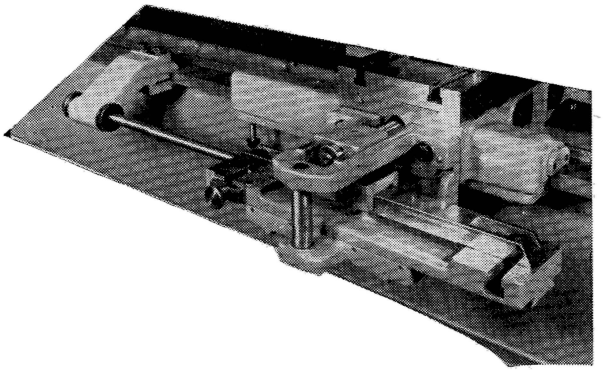
288

2. Par appareil de reproduction ou appareil à tourner conique.

Cet appareil est représenté à la fig. 289.

Le déplacement de l'outil est commandé par le patin lié rigidement au chariot transversal. La vis de commande du chariot transversal est alors libérée.

Cette façon d'usiner un cône est certainement la plus pratique et la plus précise. Elle s'applique aussi bien aux cônes intérieurs qu'aux cônes extérieurs ; l'avancement automatique du traînard étant utilisé, le fini des surfaces est aussi parfait que dans le cas du cylindrage. De plus, le réglage de l'angle est rapide et facile.

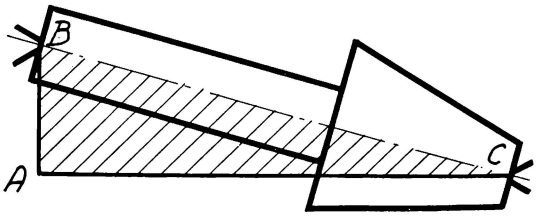


289

b. Inclinaison de l'axe de la pièce par déplacement de la contre-pointe.

C'est un procédé uniquement employé pour l'usinage de cônes extérieurs, peu précis et de faible conicité.

Le déplacement de la contre-pointe est calculé en fonction de la longueur de la pièce. Ce serait une erreur de ne considérer que la longueur du cône ; en effet, l'examen de la figure 290 montre bien que, pour obtenir la génératrice du cône parallèle au déplacement du traînard, il faut déplacer la contre-pointe de la valeur AB.



290

La distance AB intervient dans le triangle BAC, dont on connaît :
BC = longueur de la pièce et tg de l'angle C = pente.
On peut donc calculer :

déplacement de la contre-pointe =
longueur pièce × sin C.

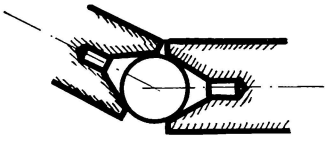
Pour résoudre ce calcul il est indispensable de déterminer le sinus de l'angle en partant de sa tangente, cette opération en comporte effectivement deux. Or, le procédé décrit est employé, fut-il dit, pour des cônes peu précis et de faible conicité.
D'une part, la précision est encore réduite par le fait que la distance entre les points de portée des pointes est inconnue : d'où la considération de la longueur de la pièce au lieu de la distance entre les points de portée des pointes. D'autre part, la différence entre le sinus d'un angle et sa tangente est très faible pour autant que la valeur de l'angle soit petite, ce qui est le cas.

D'où, pour simplifier le calcul, le remplacement de la formule mathématiquement exacte reprise plus haut, par la suivante :

déplacement de la contre-pointe =
longueur de la pièce X pente.

$$\text{ou : } X = L\frac{D - d}{2\,l}$$

Le résultat obtenu ne sera pas - on le sait - tout à fait exact. Il faudra donc corriger cette valeur à la lumière des contrôles effectués en cours d'usinage ; ce qui n'aurait d'ailleurs pas été évité si la formule exacte avait servi au calcul.
Ce mode d'usinage présente quelques inconvénients. En premier lieu, il n'est praticable que pour un montage entre pointes ; dans ce cas, les pointes portent mal dans les centres, ce qui implique une détérioration des surfaces de référence.
Pour obvier à cet inconvénient, on peut utiliser des pointes et contre-pointes creuses et placer une bille comme liaison entre pièce et pointes (fig. 291).



291

Dans le cas d'une fabrication en série, il faut que toutes les pièces aient la même longueur entre pointes, car le déplacement de la contre-pointe varie avec cette distance.

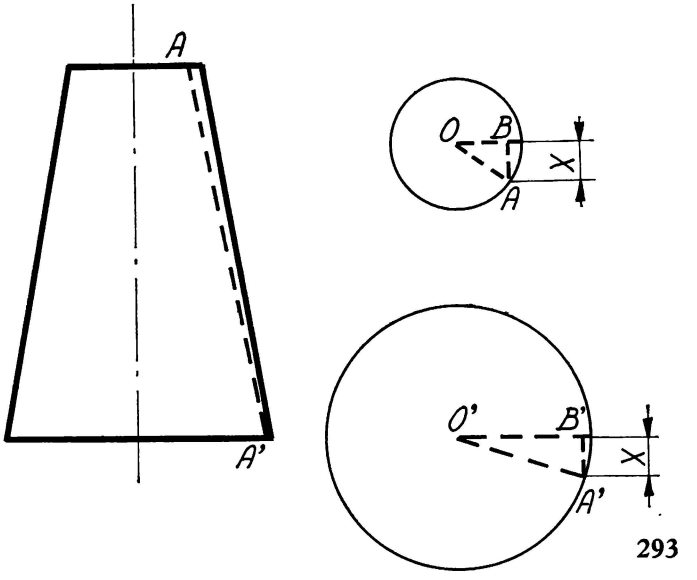
c. Par outil à forme

C'est le cas du forage des centres. On peut encore employer des outils conçus pour cet usage dont la figure 292 donne un exemple (alésoir conique).

292

4. Influence de la position de l'outil

D'une façon beaucoup plus impérative que dans le cas du cylindrage, la hauteur de l'outil doit être correcte pour tourner conique.
Supposons que l'outil se trouve en A (fig. 293) au lieu d'être exactement au centre. La distance du point de contact A au centre, dans un plan parallèle au déplacement du traînard, est alors OB et le rayon de la pièce OA.
Quand, après une passe, l'outil se trouve déplacé en A', sa positon en hauteur reste inchangée : AB = A'B'; alors que sa distance au centre devient O'B' et le rayon O'A'.
La différence entre le rayon décrit et la distance de l'outil au centre varie avec le diamètre de la pièce, ce qui fait que l'inclinaison de la trajectoire de l'outil n'est pas identique à la pente du cône.
Pour peu que l'outil soit démonté au cours de l'opération, on risque d'usiner de mauvaises pièces avec un réglage considéré comme correct.



293

RÉSUMÉ

LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE (suite)

3. LE TOURNAGE CONIQUE

Principe :
Incliner la trajectoire de l'outil par rapport à l'axe du tour ou incliner l'axe de la pièce.

Caractéristiques d'un cône
Conicité : augmentation de diamètre du cône par mm de longueur

$$\text{conicité} = \frac{D - d}{L}$$

Pente : augmentation de rayon du cône par mm de longueur.

$$\text{pente} = \frac{R - r}{L}$$

Remarques :

a. conicité $= 2 \times$ pente

b. pente $=$ tg α ($\alpha =$ inclinaison de la génératrice)

Exécution des cônes

a. Par inclinaison du chariot porte-outil
Avantages : permet d'usiner intérieurement et extérieurement ; réglage rapide et facile.
Inconvénients : l'avance est donnée manuellement ; il faut réaliser les cônes de grande longueur en plusieurs fois.

b. Par appareil reproducteur
Avantages : permet d'usiner intérieurement et extérieurement ; l'avancement automatique peut être utilisé ; réglage peu compliqué.
Inconvénients : toutes les machines n'en sont pas équipées ; on ne peut pas usiner les cônes de fortes conicités.

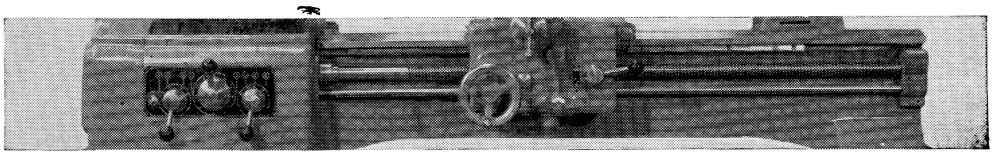
c. Par déplacement de la contre-pointe
Avantages : l'avancement automatique peut être utilisé ; réglage facile.
Inconvénients : il n'est possible que d'usiner extérieurement ; les pointes portent mal dans les centres ; la longueur de la pièce intervient quand il s'agit d'usiner en série.

d. Par outil à forme
Ne convient que pour les alésages.

QUESTIONNAIRE

1. *Vous devez réaliser 100 pièces, conicité 0,01, quelle méthode choisirez-vous ? Expliquer.*
2. *L'appareil reproducteur est constitué par un patin qui coulisse dans une rainure ; partant de ce principe, pourrait-on imaginer un appareil qui servirait à reproduire une forme ?*
   Quelles modifications faut-il alors apporter ?
3. *Quelle est l'inclinaison à donner au chariot porte-outil pour usiner un cône dont la conicité vaut :*
   0,00542 — 10,74686 — 5,27414 — 76,316 ?
4. *Un cône a les caractéristiques suivantes :*
   conicité : 0,02 — long. : 103 — petit ø : 22 mm.
   Il fait partie d'une pièce de 284 mm de longueur.
   Quel déplacement faudra-t-il faire effectuer à la contre-pointe pour l'usinage du cône ?

D. LE FILETAGE



294

1. Principe

Donner à l'outil un profil conforme à la section du filet à tailler et un avancement égal au pas.

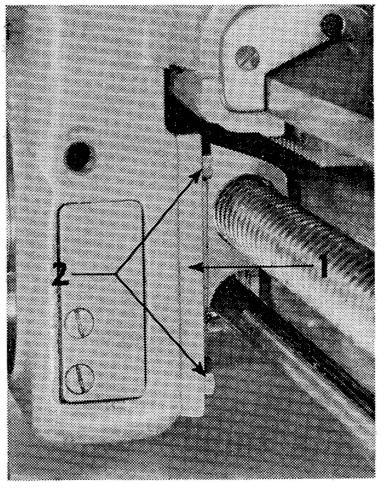
Remarque :

Les pièces sont usinées préalablement, au diamètre extérieur pour une vis, au diamètre du noyau pour un écrou.

2. Précision du pas

La réalisation du pas a une importance primordiale dans le taillage du filet ; on conçoit sans peine que seule une avance automatique peut donner des résultats corrects. Or, la commande du mouvement d'avance automatique telle qu'elle a été décrite, c'est-à-dire par la tringle de chariotage, le système de transmission et d'embrayage du tablier, ne présente pas les qualités de précision demandées.

Pour supprimer tous les intermédiaires de transmission, on a adjoint un organe spécial utilisé uniquement pour fileter. Cet organe comprend deux parties :

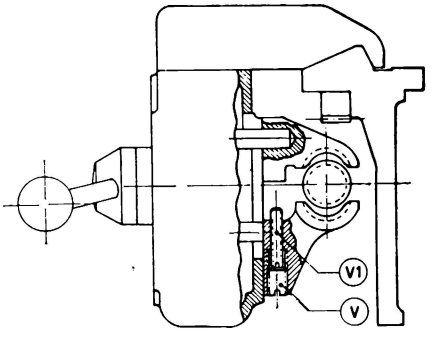


295

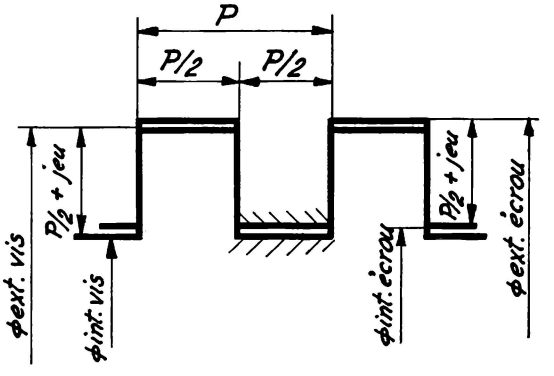
a. une **vis** commandée par la boîte d'avances ; elle se situe directement au-dessus de la tringle de chariotage (fig. 294) ;
b. un **écrou** en deux parties, fixé au tablier. Un levier permet de refermer l'écrou sur la vis et de l'ouvrir après usage (fig. 295 et 296).

Remarques :

a. La vis ne sert qu'à fileter, d'où son nom de **vis-mère.**
b. Le filet de la vis-mère est un filet trapézoïdal, nom provenant de la forme visible du filet.



296

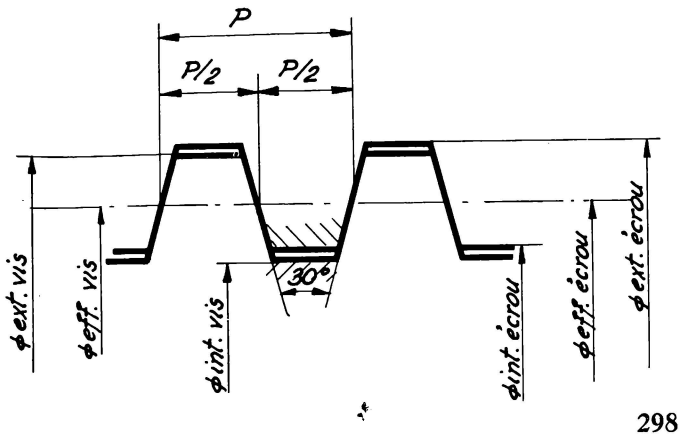


297

Ce type de filet est plus résistant aux efforts que le filet triangulaire, et la transmission de l'effort d'entraînement se fait dans de meilleures conditions.

Caractéristiques du filet trapézoïdal

a. Origine
Le filet trapézoïdal découle du filet carré (fig. 297), constitué par l'enroulement hélicoïdal d'un carré.
Dans le filet carré, la largeur du creux vaut celle du plein et chacune vaut un demi-pas.
On a prévu un jeu entre les diamètres extérieurs et les diamètres intérieurs de la vis et de l'écrou de sorte que, l'ensemble étant au repos, il n'y a pas de centrage de la vis dans l'écrou.
b. L'angle au sommet du filet trapézoïdal (fig. 298) vaut 30°. Les pays anglo-saxons utilisent un filet trapézoïdal d'angle 29°, désigné par **„FILET ACME".**
c. Sur le diamètre moyen (diamètre effectif), la largeur du plein est égale à la largeur du creux ; chacune vaut un demi-pas.
d. Le jeu entre les diamètres extérieurs et les diamètres intérieurs de la vis et de l'écrou varie avec le pas. La valeur normalisée est indiquée dans une table.



298

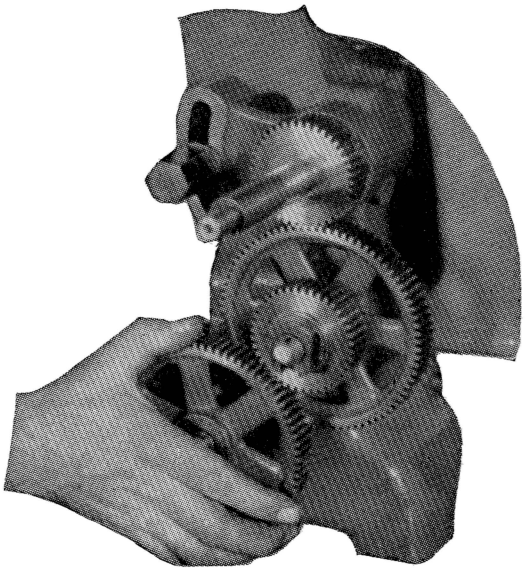
3. *Commande de la vis-mère*

Sur les machines modernes, la vis-mère est commandée directement par la boîte d'avances. La sélection d'un pas est chose aisée, il suffit de se conformer aux indications du tableau de la machine (fig. 299).

		AD	C	AD	C	B		D
mm.		E	F	F	G	E	F	G
I	H 7					1,75	3,5	7
	7		0,45		0,9			
	K 5		0,5		1	2	4	8
	4					2,25	4,5	9
	H 4	0,35		0,7				
	3	0,4		0,8	1,25	2,5	5	10
	K 1		0,75		1,5	3	6	12

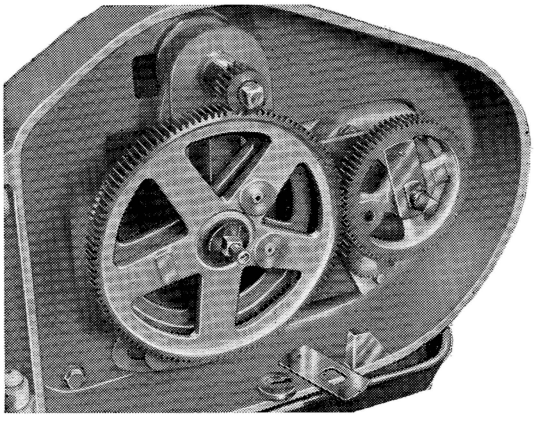
		C			B		D
n/1"		E	F	G	E	F	G
K	9	92	46	23	11½	5¾	2¾
	8	88	44	22	11	5½	2¾
	7	80	40	20	10	5	2½
	6	76	38	19	9½	4¾	2⅜
	5	72	36	18	9	4½	2¼
II	4	64	32	16	8	4	2
	3	56	28	14	7	3½	1¾
	2	52	26	13	6½	3¼	1⅝
	1	48	24	12	6	3	1½

299



300

Sur certaines machines plus anciennes, la rotation de la vis-mère est commandée de la broche au moyen des engrenages de la tête de cheval. La réalisation d'un pas commence donc par le calcul et la détermination du montage des engrenages de la tête de cheval (fig. 300).
La méthode de calcul est d'autant plus intéressante à connaître qu'il faut parfois y avoir recours, même quand les machines sont modernes, pour la réalisation de pas spéciaux pour lesquels la boîte d'avances est insuffisante.
Dans la partie supérieure du carter de la tête de cheval, débouche un arbre : le **TOURILLON** (fig. 301), lié à la broche de façon telle que lorsque la broche effectue une révolution, le tourillon en réalise une dans le même temps.
Le rapport broche-tourillon est donc 1/1, c'est le cas général. Sur quelques types de machines, ce rapport devient 1/2.



301

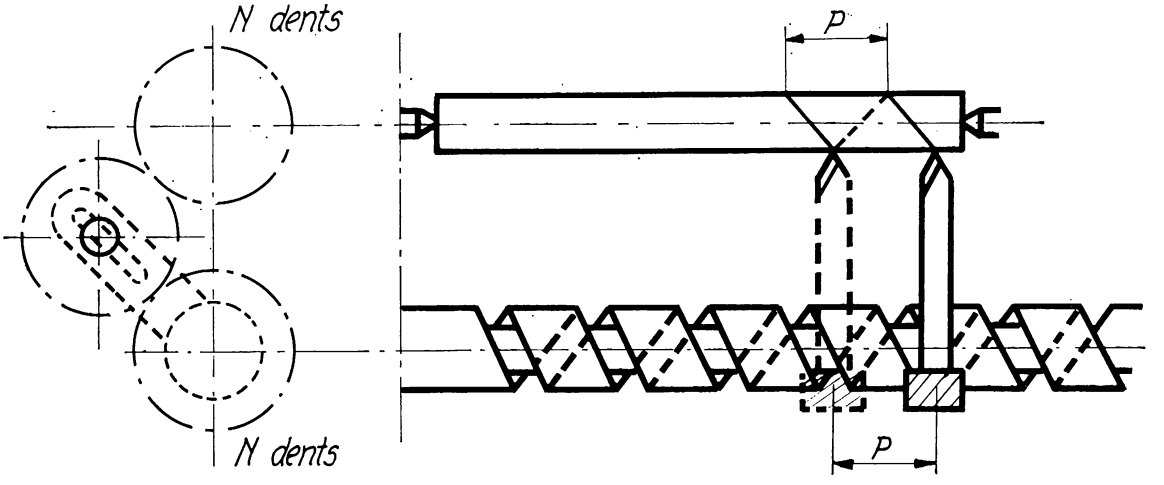
De ce fait, commander la vis-mère par le tourillon, connaissant le rapport, donne le même résultat qu'en l'animant directement par la broche.
Soit, par exemple, sur le tourillon une roue dentée de commande, et sur la vis-mère une même roue dentée entraînée par la précédente. Dans le cas général, rapport 1/1, à un tour de broche correspond un tour de tourillon et un tour de vis-mère.
Il va de soi que l'outil va créer sur la pièce la reproduction exacte du pas de la vis-mère (fig. 302).
Si, par contre, la roue menante fixée sur le tourillon présente deux fois moins de dents que la roue menée montée sur la vis-mère, le rapport des rotations est 1/2. A un tour du tourillon, correspond 1/2 tour de la vis-mère ; le traînard sera déplacé d'un demi-pas de la vis-mère et le pas créé par l'outil vaudra 1/2 pas de la vis-mère (fig. 303).
On en déduit que le rapport du pas à construire au pas de la vis-mère est identique à celui de la roue menante à la roue menée :

$$\frac{\text{Pas à construire}}{\text{Pas vis-mère}} = \frac{\text{Roue menante (tourillon)}}{\text{Roue menée (vis-mère)}}$$

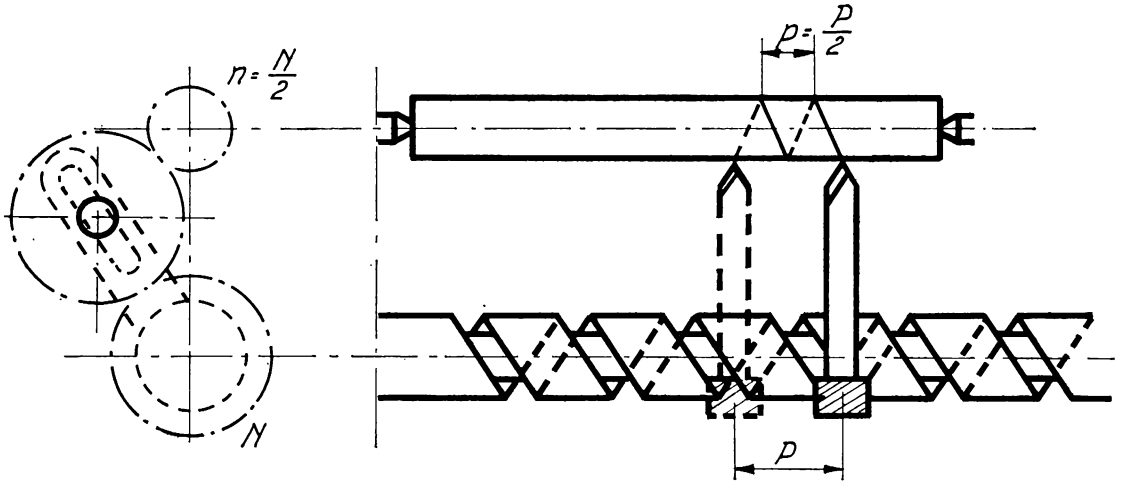
La fraction $\frac{\text{Pas à construire}}{\text{Pas vis-mère}}$ porte le nom de : **fraction de base** ; elle s'établit aisément : numérateur et dénominateur sont connus.

La fraction de base permet de déterminer le nombre de dents des roues dentées. Il suffit, pour l'obtenir, de créer un rapport identique à la fraction de base, ce rapport étant celui des dents de deux roues dentées choisies parmi celles qui sont fournies avec la machine.

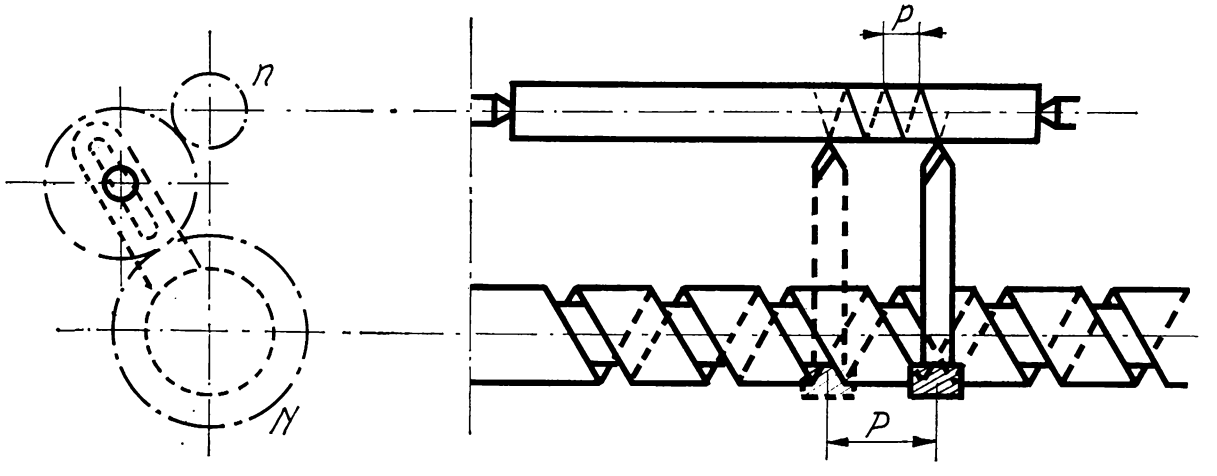
Ce procédé, dit **„de filetage à deux roues"**, est applicable dans les cas simples.



302



303



304

Remarque :

Il se peut que l'engrènement de la roue du tourillon et de la roue de la vis-mère soit impossible : l'entre-axe étant trop grand. Il suffit alors de monter une roue dentée intermédiaire qui réalise la liaison sans influer sur le rapport (fig. 304).

Exemples de calculs

1. Construire un pas de 2 mm sur un tour équipé d'une vis-mère de 6 mm de pas.

a. Fraction de base : $\dfrac{\text{pas à construire}}{\text{pas de la vis-mère}} = \dfrac{2}{6} = \dfrac{1}{3}$.

b. Roues dentées

$$\frac{1 \times 20}{3 \times 20} = \frac{20}{60}$$

ce qui veut dire :

sur le tourillon : une roue de 20 dents
sur la vis-mère : une roue de 60 dents

ou $\dfrac{1 \times 25}{3 \times 25} = \dfrac{25}{75}$ tourillon : 25 dents
vis-mère : 75 dents.

2. Construire un pas de 2 mm avec une vis-mère dont le pas vaut 4 filets par pouce.

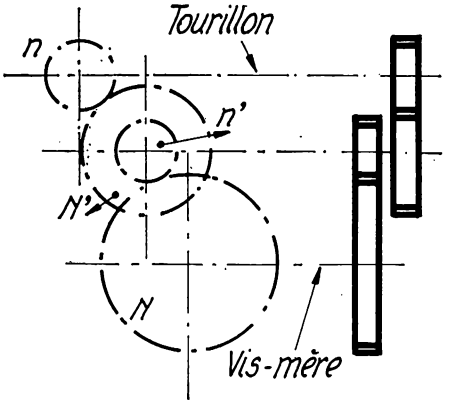
a. Fraction de base : $\dfrac{2}{\frac{25,4}{4}}$ ou $\dfrac{2 \times 4}{25,4} = \dfrac{8}{25,4}$

b. Roues dentées

Remarque
On rencontre assez fréquemment des tours dont le pas de la vis-mère est une fraction de pouce. Afin de passer aisément d'un système à l'autre, une roue de 127 dents est comprise dans le lot de roues dentées livrées avec la machine

$(127 = 25,4 \times 5)$.

$\dfrac{8 \times 5}{25,4 \times 5} = \dfrac{40}{127}$ tourillon : 40 dents
vis-mère : 127 dents.



305

Le filetage à deux roues permet déjà de résoudre un nombre important de problèmes ; mais il arrive souvent qu'on se trouve devant un cas insoluble par la première méthode, malgré l'assortiment de roues dentées.
La solution consiste alors à user de la méthode dite **„à quatre roues".**
Celle-ci est basée sur le même principe que la précédente ; il faut seulement décomposer la fraction de base en un produit de deux rapports : les quatre termes donnent le nombre de dents des quatre roues dentées, qui peuvent être classées comme suit :
2 roues menantes : tourillon et tête de cheval ;
2 roues menées : tête de cheval et vis-mère (fig. 305).
Le rapport établi pour la méthode à deux roues :

$$\frac{\text{pas à construire}}{\text{pas vis-mère}} = \frac{\text{menante}}{\text{menée}}$$

devient :

$$\frac{\text{pas à construire}}{\text{pas vis-mère}} = \frac{\text{produit des menantes}}{\text{produit des menées}}$$

ou $\dfrac{p}{P} = \dfrac{n \cdot n'}{N \cdot N'}$

Exemples de calculs

1. Construire un pas de 0,5 mm ; pas de la vis-mère 6 mm.

a. Fraction de base : $\dfrac{0,5}{6} = \dfrac{1}{12}$

b. Décomposition : $\dfrac{1}{12} = \dfrac{1 \times 1}{3 \times 4} = \dfrac{1}{3} \times \dfrac{1}{4}$

c. Roues dentées :
$\dfrac{1 \times 25}{3 \times 25} \times \dfrac{1 \times 18}{4 \times 18} = \dfrac{25}{75} \times \dfrac{18}{72}$ $\dfrac{\text{roues menantes}}{\text{roues menées}}$.

2. Construire un pas de 0,75 mm ; pas de la vis-mère 4 filets par pouce.

a. Fraction de base : $\dfrac{\frac{0,75}{25,4}}{4} = \dfrac{3}{25,4}$

b Décomposition : $\dfrac{3 \times 4}{25,4} \times \dfrac{1}{4} = \dfrac{12}{25,4} \times \dfrac{1}{4}$

c. Roues dentées :

$\dfrac{12 \times 5}{25,4 \times 5} \times \dfrac{1 \times 30}{4 \times 30} = \dfrac{60}{127} \times \dfrac{30}{120}$ $\dfrac{\text{roues menantes}}{\text{roues menées}}$

Par extension, ce principe peut être appliqué à certains cas spéciaux pour lesquels les pas en présence (vis-mère et vis à construire) sont très disproportionnés.

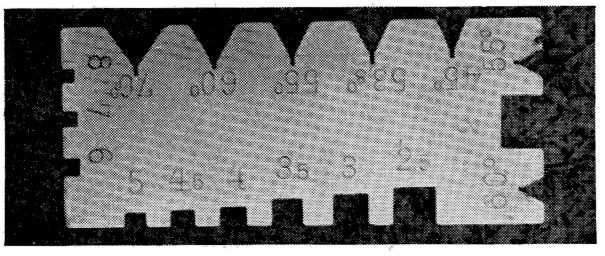
La méthode requiert alors un montage dit **„à six roues"**, groupées en trois menantes et trois menées.
Pour le calcul des roues dentées, il suffit de décomposer la fraction de base en un produit de trois rapports et d'appliquer le même processus que pour le montage à quatre roues.

4. Réalisation des filetages

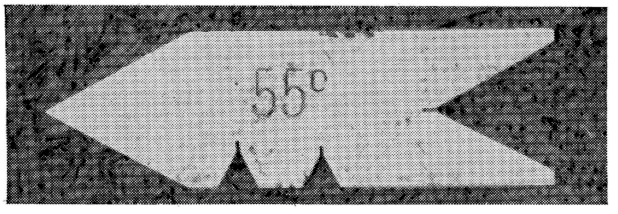
L'avance étant déterminée et l'outil affûté à la forme du filet à tailler, la réalisation se résume à deux opérations:
— le réglage de l'outil ;
— la conduite du filetage.
Cette dernière se décompose elle-même en deux sous-opérations :
— la façon d'amener l'outil dans sa position correcte par rapport à la pièce, qui se traduit par une pénétration de l'outil dans la pièce ;
— le retour de l'outil à sa position de départ, étant donné que la pénétration de l'outil se fait en passes successives.

a. Réglage de l'outil

Le tourneur dispose de calibres divers qui reprennent les formes classiques de filets (fig. 306 et 307).

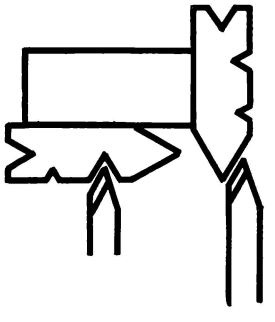


306

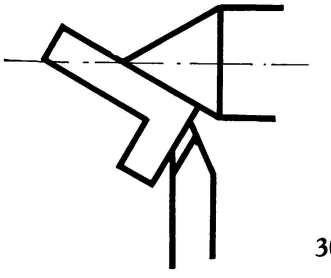


307

L'utilisation de ces calibres consiste à les appliquer sur toute face parallèle ou perpendiculaire à l'axe du tour, et à donner à l'outil sa position exacte dans la forme correspondante du calibre (fig. 308).



308



309

Remarque

Pour les filets SI, il n'est pas nécessaire de disposer de calibres à 60°. En effet, la combinaison de la contre-pointe et d'une équerre à 90° donne la position de la face de l'outil, ainsi que le montre la fig 309.

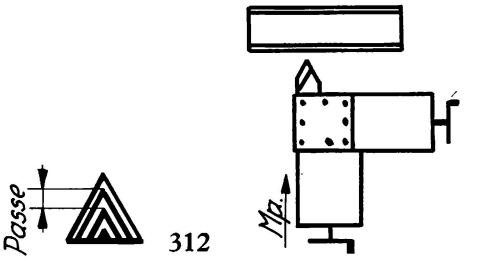
b. Conduite du filetage

1. Pénétration de l'outil

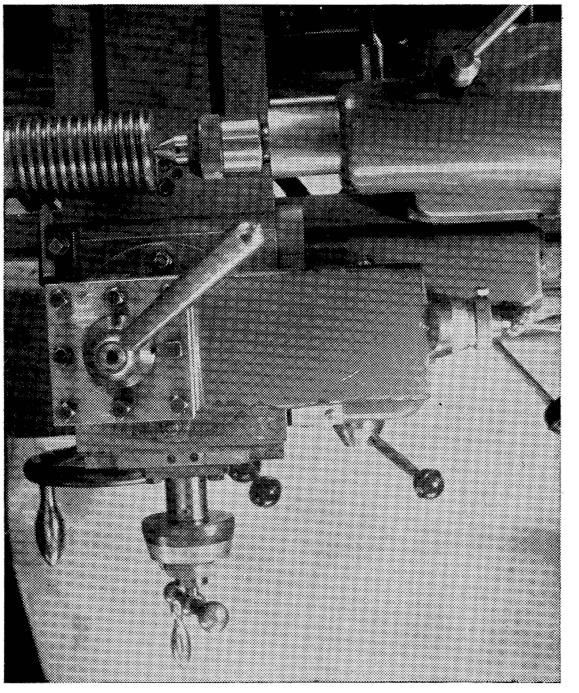
Deux méthodes sont couramment suivies selon l'importance du filet, la matière travaillée, la précision du filet, etc.

a. Pénétration normale (figures 310 et 311)

La pénétration progressive de l'outil dans la matière se fait normalement à la pièce. Le mouvement de pénétration (Mp) est donné par le chariot transversal, ainsi que le mouvement de recul de l'outil avant le retour.



312 310



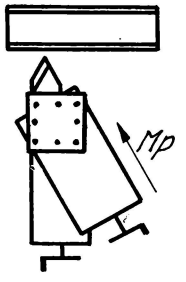
311

Cette méthode présente un inconvénient majeur : l'outil coupe par les deux arêtes ; de ce fait, l'effort augmente progressivement sur l'ensemble du bec de l'outil (fig. 312).

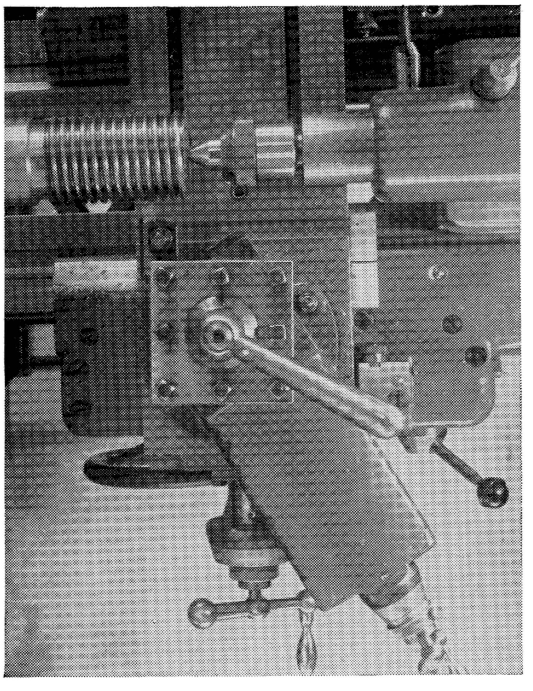
Elle convient parfaitement lorsque le filet à tailler est de pas fin (faible profondeur de pénétration) ou quand la matière travaillée est tendre. On l'utilise aussi quand le filet doit être précis ; certaines précautions doivent alors être prises pour obtenir un fini en rapport avec l'opération.

b. Pénétration oblique (fig. 313 et 314)

Le chariot porte-outil est incliné par rapport à la normale à la pièce ; l'inclinaison vaut la moitié de l'angle du filet et le Mp est donné par le chariot porte-outil. Par contre, le mouvement de recul de l'outil avant son retour vient du chariot transversal.



313

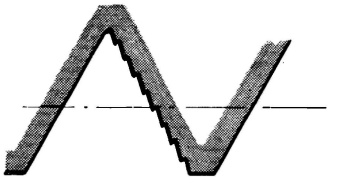


314

Cette seconde méthode présente l'avantage de ramener l'effort de coupe sur une seule arête du bec ; il n'y a pas de compression de copeau, ce qui facilite la coupe du métal (fig. 315).
Elle est moins précise que la première ; on l'utilise pour les travaux courants de filetage, quand la profondeur du filet est importante et quand le métal est difficile à couper.
Cette méthode présente un autre inconvénient. En effet, la pénétration étant orientée comme le montre la fig. 313, le flanc droit du filet n'est pas plat.

315

Seul le flanc gauche de l'outil coupe ; le flanc droit peut donc être dépouillé et la dépouille ainsi réalisée se traduit par une surface en escaliers tout comme les erreurs d'inclinaison du chariot. Chaque degré correspond aux positions successives de l'outil.
Le filet se présente donc comme le montre la fig. 316 : le flanc coupé, c'est-à-dire dans ce cas le flanc gauche, parfaitement plat ; et le flanc non coupé, dans ce cas le droit, en escalier.

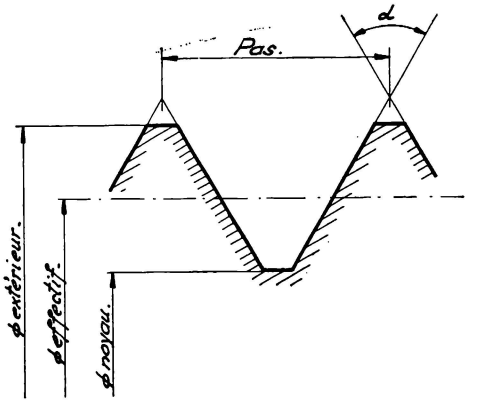


316

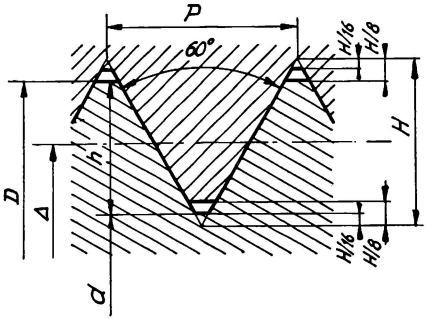
On peut remédier à cet inconvénient soit en utilisant un outil exactement à l'angle du filet, l'inclinaison du chariot étant exactement la moitié de l'angle du filet.

c. Calcul des pénétrations d'outil

Rappelons qu'un filet est parfaitement caractérisé quand on connaît (fig. 317) :
— le diamètre extérieur,
— le diamètre effectif,
— le diamètre du noyau,
— le pas,
— le système,



317

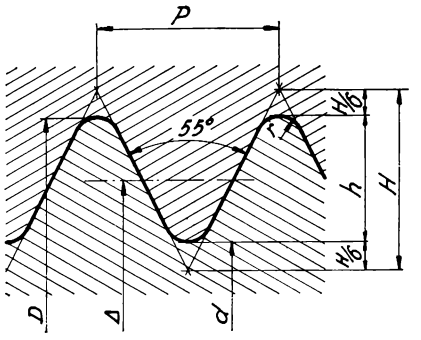


318

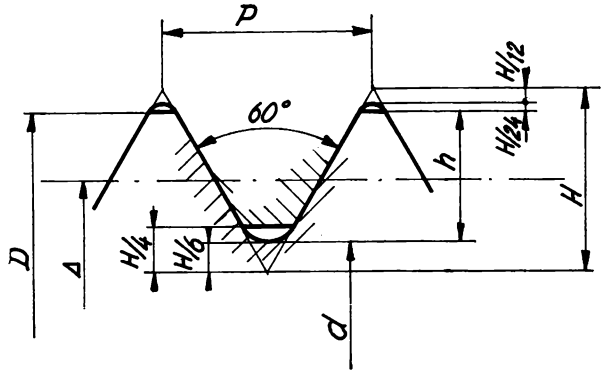
ce dernier donnant l'angle du triangle de base (cas des filetages courants) ainsi que la valeur et la forme des troncatures.

Les principaux systèmes de filetage triangulaire sont :

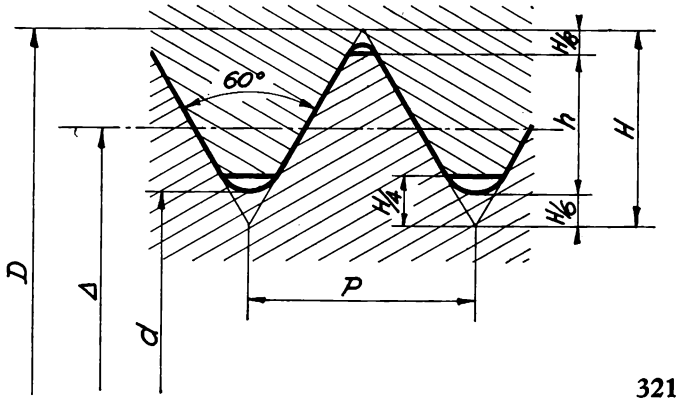
— le système international (SI) (fig. 318),
— le système Whitworth (WW) (fig. 319),
— le système Sellers (fig. 320),
— le système ISO (fig. 321).



319



320



321

Remarque sur le filetage métrique ISO

Après une expérience de plus d'un demi-siècle, il s'avère de plus en plus que le SI, mis au point en 1898 au Congrès de Zurich, présente un inconvénient majeur. Il s'est vérifié que la troncature à fond de filet de la vis H/16 était trop faible, et constituait de la sorte une amorce à la rupture. Les exigences d'institutions nouvelles créées après la guerre, en vue d'élargir les échanges commerciaux, fit resurgir le problème de la normalisation. L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) recommanda d'augmenter les diamètres des noyaux de vis et d'écrou.

Ainsi naquit le profil ISO.

En 1963, les représentants de 32 nations (y compris la Grande-Bretagne) réunis en vue d'examiner les possibilités d'une éventuelle adoption du nouveau système, s'y rallient en principe tout en émettant quelques légères réserves. Décidée d'aplanir les dernières difficultés, la Commission poursuit ses travaux en permanence et entretient des contacts suivis avec les pays concernés. Pratiquement, tous les participants, Grande-Bretagne y comprise, sont en voie d'adopter cette nouvelle normalisation ; quant à la Belgique, elle a déjà publié les NBN 402 - 410 - 492 et 493 se rapportant au nouveau système.

Dans le système ISO, une vis sera désignée M8, M10... et non plus 8SI...

D'ores et déjà, on peut dire que le profil ISO s'impose de plus en plus et il ne fait aucun doute que dans les années à venir, il remplacera progressivement le profil SI.

En définitive, si le système métrique ISO n'est pas encore généralisé, il est certain qu'il est le profil du filet de l'avenir et que le SI vit ses dernières années.

Pénétration normale

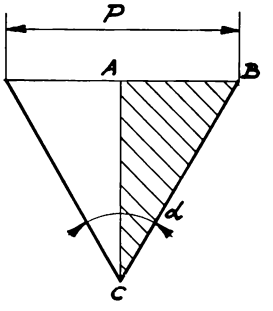
La pénétration de l'outil vaut la hauteur effective de filet (cote h). Cette valeur est égale à :

$\frac{13}{16}$ H pour le SI,

$\frac{2}{3}$ H pour le WW,

$\frac{17}{24}$ H pour le Sellers (fig. 318, 319 et 320).

D'autre part, la valeur H dépend du pas et de l'angle du triangle de base. Ces éléments étant connus, la valeur H est donc calculable.



322

Soit, fig. 322, un filetage triangulaire dont le pas P est connu ainsi que l'angle du triangle de base.
Dans le triangle BAC, on connaît :

$$AB = \frac{P}{2}; \qquad \text{angle } ACB = \frac{\alpha}{2}; \qquad AC = H$$

$$AC = \frac{AB}{\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} = \frac{P}{2\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}$$

ce qui donne :

— pour le SI : $H = 0{,}866\ P$;
— pour le WW : $H = 0{,}960\ P$;
— pour le Sellers : $H = 0{,}866\ P$.

La valeur H étant connue, la pénétration normale s'établit :

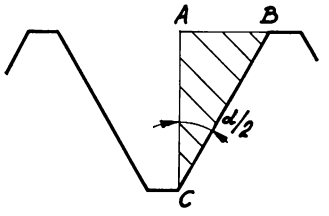
— pour le SI : pénétration : $\frac{13}{16}\ H = 0{,}704\ P$ soit $0{,}7\ P$;

— pour le WW : pénétration : $\frac{2}{3}\ H = 0{,}64\ P$;

— pour le Sellers : pénétration : $\frac{17}{24}\ H = 0{,}613\ P$.

Pénétration oblique

La pénétration oblique se calcule en partant de la pénétration normale. En effet, quelle que soit la forme du filet, la pénétration oblique est toujours la projection de la pénétration normale sur le flanc du filet.



323

En effet, dans la fig. 323 ;

AC est la pénétration normale
BC est la pénétration oblique

l'angle ACB vaut $\frac{\alpha}{2}$, d'où $BC = \frac{AC}{\cos\frac{\alpha}{2}}$,

ce qui donne :

— pour le SI

$$\text{pénétration oblique} = \frac{0{,}7\ P}{0{,}86603} = 0{,}808\ P \text{ soit } 0{,}8\ P ;$$

— pour le WW :

$$\text{pénétration oblique} = \frac{0{,}64\ P}{0{,}88701} = 0{,}72\ P ;$$

— pour le Sellers :

$$\text{pénétration oblique} = \frac{0{,}613\ P}{0{,}86603} = 0{,}7\ P.$$

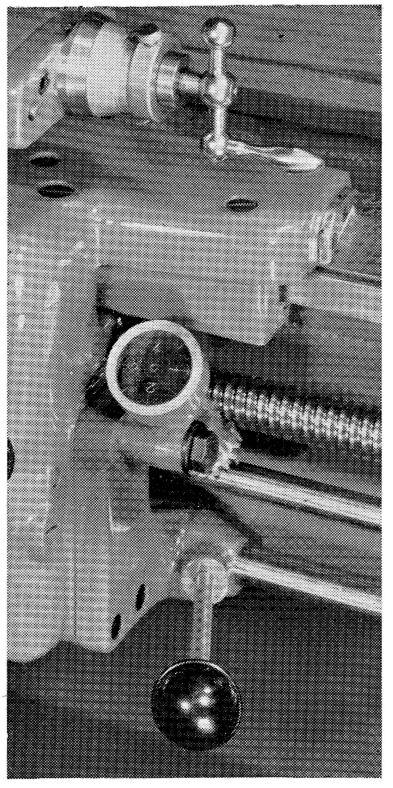
2. Le retour de l'outil

La méthode la plus simple consiste à inverser le sens de marche du tour sans débrayer la vis-mère, tout en ayant pris la précaution de dégager l'outil par un léger recul. Pour les filets courts, la méthode est parfaite, mais pour les longs filets la perte du temps consacré au retour de l'outil devient appréciable ; on a recours alors à la méthode dite **„de filetage aux repères"**, qui comprend le débrayage de la vis-mère et le retour du traînard à la main. Ceci pose un problème : la difficulté de ramener l'outil exactement dans le sillon déjà creusé. Pour cela, on fixe une butée sur le banc du tour et on embraye la vis-mère quand le traînard est contre la butée. A ce moment, il faut indiquer un repère de position de la broche et un autre de position de la vis-mère.
Quand, après une passe, le traînard est ramené contre la butée, il suffit d'embrayer la vis-mère au moment où les deux repères sont correctement situés simultanément pour être certain que l'outil retombe dans le sillon.

Remarques :

1. Quand le pas à construire est égal au pas de la vis-mère ou sous-multiple de ce pas, aucune précaution n'est nécessaire, l'outil retombe toujours dans le sillon.
2. Certaines machines sont équipées d'un appareil dit : **„à fileter aux repères"** ou **„indicateur de filetage"**, lequel supprime les difficultés qui surgissent pendant l'observation des deux repères.

Il est constitué par une roue dentée hélicoïdale dont le pas circonférentiel est égal au pas de la vis-mère. A l'autre extrémité de l'axe de la roue dentée, un plateau gradué est fixé ; l'ensemble est monté sur le traînard (fig. 324).
Du fait de l'égalité des pas de la roue dentée et de la vis-mère, la roue reste immobile quand le traînard se déplace à la même vitesse qu'un écrou immobile placé sur la vis-mère.
Quand le traînard est immobile, la roue dentée tourne. L'appareil est utilisé quand le pas à construire et le pas de la vis-mère sont exprimés dans les mêmes unités. Selon le nombre de dents de la roue dentée et les graduations du plateau, le repérage du sillon s'effectue d'une façon ou de l'autre ; les repérages des pas usuels sont indiqués dans la brochure explicative de la machine.



324

3. Mesure des filetages

Il est évident que les diverses dimensions de filetages sont exprimées dans les unités en vigueur dans les pays d'origine des systèmes. Ainsi, le WW et le Sellers auront leurs diamètres exprimés en pouces, et le pas en nombre de filets par pouce de longueur ; tandis que le SI aura les mêmes dimensions exprimées en mm.
Suivant l'utilisation du filet, ou selon la précision d'ajustement demandée, la mesure de ses divers éléments n'est pas identique. Par exemple, le filet d'une vis ordinaire est repris aux normes, il suffit de savoir déterminer à quel système il appartient et la table en donne tous les éléments ; tandis que celui d'une fusée d'obus, filet hors série, doit être complètement contrôlé. Il y a donc deux façons de contrôler un filet :

1. Méthode approximative — pour les filets courants.
2. Méthode exacte — pour connaître tous les éléments.

A. MESURE APPROXIMATIVE

Il faut donc déterminer le filet ; pour cela, il est nécessaire de connaître trois éléments :

1. Le diamètre nominal

— mesuré directement sur la vis.

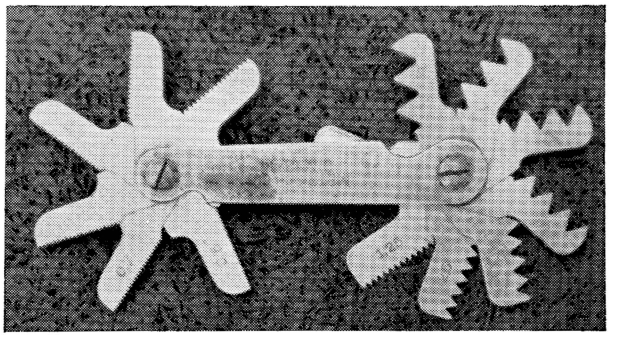
2. Le pas

Mesure plus délicate, car la différence de pas peut bien être imperceptible. Exemple : pas 0,9 mm — pas 1 mm — différence : 0,1 mm.
Il convient de mesurer 10 pas consécutifs, ce qui donnerait dans l'exemple repris : $10 \times 0{,}9 = 9$ mm et $10 \times 1 = 10$ mm — la différence de 1 mm peut être très facilement estimée à la règle graduée.

3. Le filet

Très souvent, il suffit de ces deux valeurs pour que le filet soit déterminé : sa forme est déduite des mesures.

On peut encore déterminer le pas par l'utilisation du canif à filets : instrument de contrôle qui porte plusieurs lames, chacune ayant la forme d'une section de filetage (fig. 325).



325

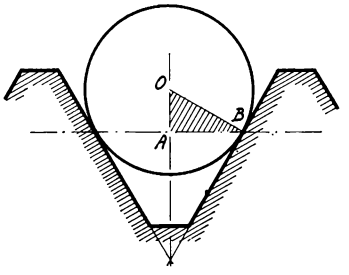
Cette façon de procéder renseigne sur la forme du filet en même temps que sur le pas.

B. MESURE EXACTE

En plus de la mesure approximative, la méthode exacte comprend la mesure d'un diamètre plus important : le diamètre effectif.
Ainsi qu'il a été dit, le diamètre effectif est un diamètre imaginaire qui n'est représenté par rien sur le filet : il n'est donc pas mesurable directement.
Ce diamètre, on le matérialise en plaçant une cheville dans le creux du filet ; le diamètre de cette cheville ou pige est calculé de manière que les points de contact se situent le plus près possible du diamètre effectif.

1. Calcul du diamètre de la cheville idéale

Soit par exemple le filet SI, de pas P mm, repris à la figure 326. Par définition, le diamètre effectif se situe à mi-hauteur du triangle de base ; à ce niveau, la partie creuse est égale à la partie pleine, soit chacune P/2 mm.



326

La cheville idéale est celle dont les points de contact avec les flancs du filet se situent sur le diamètre effectif, soit d le diamètre de la cheville.
Le centre de la cheville se situe sur la bissectrice de l'angle.

Construction

1. Joindre le point de contact au centre de la cheville (OB).
2. Tracer la perpendiculaire abaissée du centre sur le diamètre effectif (OA).

On obtient ainsi le triangle OAB dont on connaît :
$AB = \frac{P}{4}$ et angle OBA = 30° ; on cherche OB = r de la cheville :

$$\cos OBA = \frac{AB}{OB}, \text{ d'où } OB = \frac{AB}{\cos OBA} = \frac{\frac{P}{4}}{\cos 30°}$$

$$OB = \frac{P}{4.\cos 30°}$$

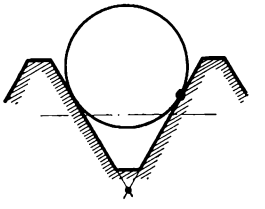
OB = le rayon de la cheville, on obtient :

$$d = \frac{P}{2.\cos 30°} = \frac{P}{1{,}732}$$

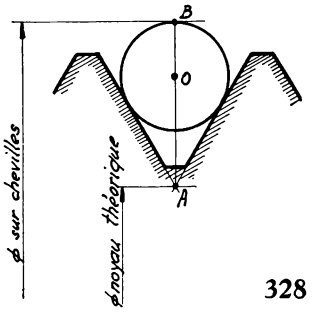
A l'aide de la formule ainsi établie, on a calculé une série de diamètres de chevilles à utiliser suivant le pas. Une même cheville peut servir pour des pas différents, mais très voisins (exemple : pas 0,75 et 0,8).

2. Calcul du diamètre à mesurer sur les chevilles ou diamètre sur chevilles

Rien ne prouve que la cheville porte sur le diamètre effectif ; en effet, il est possible que le filet ne soit pas assez creusé ou que la cheville n'ait pas exactement le diamètre idéal (fig. 327).
Le point de départ des constructions ne peut donc être le diamètre effectif. Il n'est pas possible de connaître le rapport entre la position de la cheville et le diamètre effectif.
Il convient donc de choisir un point de départ correct, et on utilise à cet effet le fond théorique du filet.



327



328

Schéma des valeurs à déterminer

La figure 328 montre clairement que le diamètre sur chevilles est égal au diamètre du noyau théorique plus deux fois (OA + OB).

ø/chev. = ø noyau théorique + 2(OA + OB)

D'autre part, on sait que le diamètre effectif se situe à mi-hauteur du triangle de base, d'où on peut déduire que le diamètre du noyau théorique est égal au diamètre effectif moins 2(H/2).
En conclusion, on peut établir :

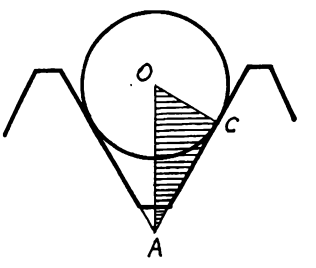
$$ø/chev. = ø \text{ effect.} - 2\left(\frac{H}{2}\right) + 2(OA + r)$$

$$= ø \text{ effect.} - H + 2(OA + r).$$

a. Calcul de OA

Soit le filet SI, de pas P mm.
Le diamètre de la cheville est connu : d mm.

Construction (fig. 329)



329

1. Joindre O à A.
2. Tracer OC perpendiculaire au flanc.

Dans le triangle rectangle OAC ainsi obtenu, on connaît : OC = d/2 et angle OAC = 30°
on cherche OA : hypoténuse du triangle

$$\sin OAC = \frac{OC}{OA}, \text{ d'où } OA = \frac{OC}{\sin OAC}$$

$$OA = \frac{\frac{d}{2}}{\sin 30°} = \frac{d}{2.\sin 30°} = \frac{d}{2 \times 0{,}500}$$

$$OA = d$$

On peut déjà établir :

ø/chev. = ø noyau théorique + 2(OA + OB)

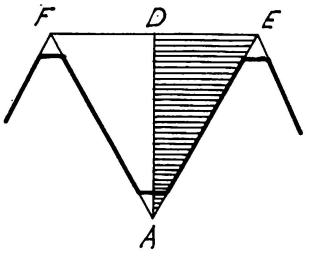
avec : OA = d et OB = d/2

$$\text{ø/chev.} = \text{ø noyau théorique} + 2d + \frac{2d}{2}$$

$$= \text{ø noyau théorique} + 3d.$$

b. Calcul de H

Il reste à calculer H, hauteur du triangle de base.



330

Construction (fig. 330)

1. Joindre E à F (EF = pas).
2. Tracer AD perpendiculaire à EF.

Dans le triangle ADE, on connaît :

$$(DE = \frac{P}{2}; \quad \text{angle } DAE = 30°).$$

On cherche AD, côté de l'angle de 30° :

$$\text{tg } DAE = \frac{DE}{AD}, \text{ d'où } AD = \frac{DE}{\text{tg } DAE}$$

$$AD = \frac{P}{2.\text{tg } 30°} = 0{,}866 \text{ P}$$

Conclusion

Tous les éléments sont connus, on peut donc établir une formule valable pour les filets à 60° :

ø/chev. = ø effect. − 0,866 P + 3 d

De la même façon, on trouverait pour le système Whitworth :

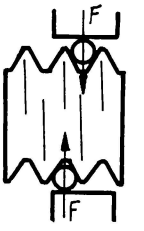
ø/chev. idéale $= \frac{P}{1{,}774}$
et ø/chev. = ø effect. — 0,961 P + 3,165 d

3. Conditions pratiques des mesures

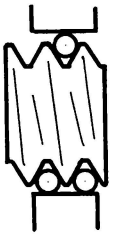
Les chevilles étant placées dans des creux du filet diamétralement opposés, elles se trouvent, de ce fait, décalées d'un demi-pas.

Il s'ensuit qu'au moment de la mesure la pression de l'instrument de contrôle (si légère soit-elle) fait naître un couple néfaste à toute lecture précise (fig. 331).

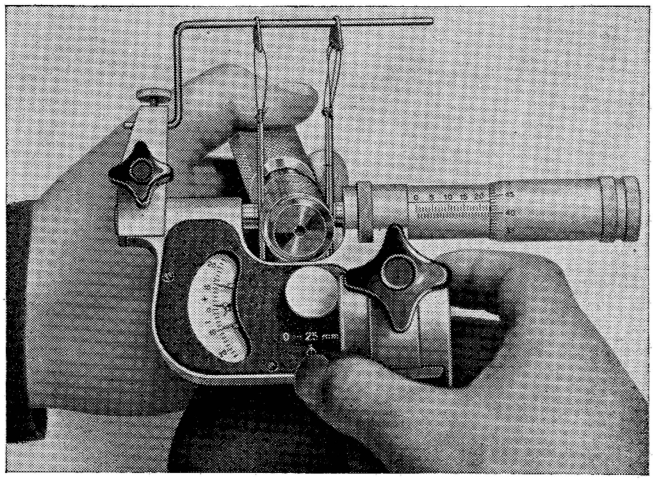
Pour remédier à cet inconvénient, on place deux chevilles d'un côté et une de l'autre, comme le montrent les figures 332 et 333.



331



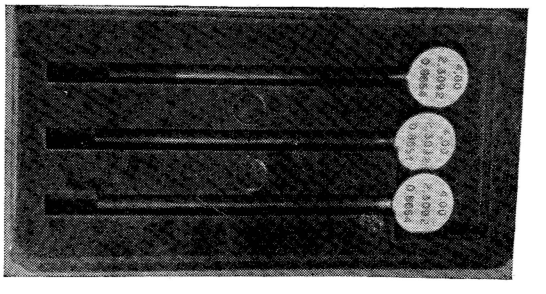
332



333

Les efforts sont alors équilibrés et les mesures réalisables.

Les trois chevilles sont évidemment identiques (fig. 334).



334

RÉSUMÉ

LES POSSIBILITÉS DE LA MACHINE (suite)

4. LE FILETAGE

Principe : donner à l'outil un profil en rapport avec la forme du filet et lui communiquer un avancement égal au pas.
Accessoires de la machine
Afin d'éviter l'intervention des jeux dans la transmission du mouvement de la broche au traînard, le tour est équipé d'une vis-mère commandée depuis la boîte d'avances. Son écrou consiste en deux parties amovibles ; il est fixé au tablier du traînard. Le filet de la vis-mère a un profil trapézoïdal.

Commande de la vis-mère

Sur les machines modernes, il suffit de disposer correctement les engrenages suivant les données de la machine.
Il existe encore d'anciennes machines sur lesquelles la vis-mère est commandée directement par les engrenages de la tête de cheval. Dans ce cas, la relation entre le pas à faire et celui de la vis-mère est la suivante :

$$\frac{\text{Pas à construire}}{\text{Pas vis-mère}} = \frac{\text{Roue menante}}{\text{Roue menée}}$$

Le second membre de la relation se décompose en un produit de deux ou trois facteurs selon qu'il faut adopter le filetage à quatre ou six roues.

Considérations pratiques

L'outil est orienté au moyen de calibres appropriés à la forme du filet.
Suivant la précision et la grandeur du filet à tailler et la matière de la pièce, on adopte la pénétration oblique ou normale de l'outil.
Le retour de l'outil s'effectue par inversion du sens de marche, ou par débrayage de la vis-mère et réembrayage aux repères, ou encore par l'utilisation de l'indicateur de filetage.
La mesure des filetages peut s'effectuer de deux façons selon la précision demandée :

— méthode approximative :
se ramène à la mesure de trois éléments :
le diamètre nominal,
le pas,
le système.

— méthode exacte :
comprend, en plus de la méthode approximative, la mesure du diamètre effectif sur trois chevilles ou piges.

QUESTIONNAIRE

1. *Pas à construire* — *Pas de la vis-mère*
   1,5 mm — *6 mm*
   2,5 mm — *6 mm*
   3 mm — *6 filets/"*
   2 mm — *6 filets/"*
   Roues dentées de la machine : 25 — 30 — 40 — 50 — 60 — 70 — 80 — 90 — 100 — 120 — 127 dents.

2. *Pas à construire* — *Pas de la vis-mère*
   1,5 mm — *10 mm*
   0,8 mm — *6 mm*
   0,9 mm — *4 filets/"*
   0,4 mm — *6 filets/"*
   Roues dentées de la machine : voir exercice n° 1.

3. *Peut-on adopter le réglage de la figure 330, pour la réalisation d'un filet WW ?*

4. *Au strict point de vue de la coupe du métal, quelle pénétration donne les meilleurs résultats ? Expliquer.*

5. *L'angle de pointe de l'outil à fileter a-t-il autant d'importance dans le cas de la pénétration normale que dans celui de la pénétration oblique ? Expliquer.*

6. *Quelle est la dimension théorique de forage d'un écrou de :*
   — 10 × 1,5 SI
   — 1" — 20 filets/"

7. *Etablir la formule du diamètre de la cheville idéale pour un filet WW.*

8. *Etablir la formule du diamètre sur chevilles pour un filet WW.*

V. CONTRÔLE DE LA MACHINE

Tout comme pour l'étau-limeur, et pour les mêmes raisons, la vérification de la machine s'impose à la réception et en cours d'utilisation.

La vérification comprend deux parties, définies et décrites par des normes (normes Salmon et Schlessinger) :

A. LA VÉRIFICATION GÉOMÉTRIQUE

dont les points principaux sont :
— le contrôle de la mise à niveau,
— le parallélisme des glissières et de l'axe du tour dans deux plans perpendiculaires,
— le parallélisme de l'axe du fourreau de la contre-poupée et des glissières,
— la qualité et la précision des surfaces de référence pour le montage des supports de pièces,
— la concentricité de la pointe,
— la perpendicularité du déplacement du chariot transversal.

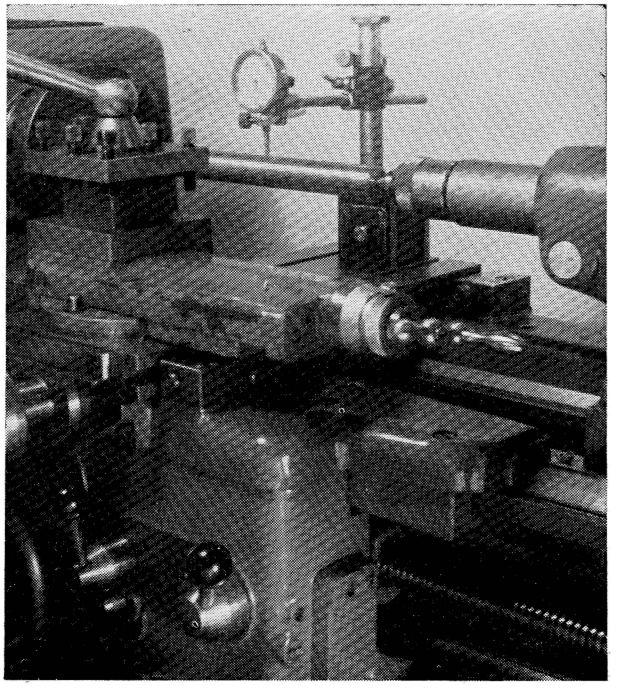
B. LA VÉRIFICATION PRATIQUE

également définie par des normes ; les épreuves pratiques permettent de vérifier, entre autres, les capacités suivantes :

— tourner rond,
— tourner cylindrique,
— dresser plan,
— fileter un pas donné.

Remarque

En cas de discordance entre les résultats des deux vérifications, les résultats des essais pratiques font autorité.



335

RÉSUMÉ

LE CONTRÔLE DE LA MACHINE

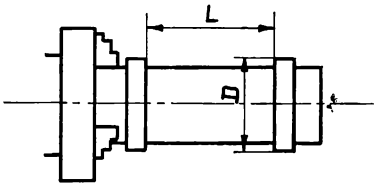
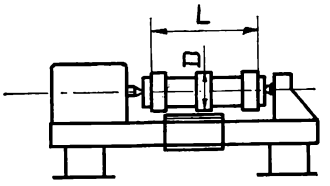
Pour les mêmes raisons que celles qui justifient le contrôle de l'étau-limeur, on vérifie le tour à sa réception et au cours de son utilisation.
La vérification se décompose également en deux parties :
— la vérification géométrique,
— la vérification pratique,
dont les particularités sont reprises aux normes.

QUESTIONNAIRE

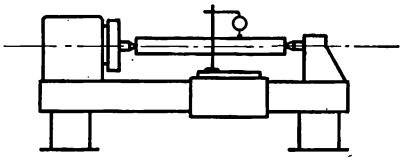
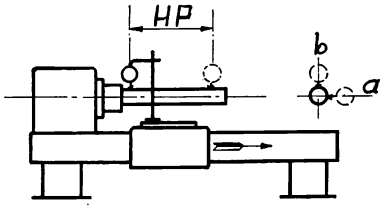
— *Quel contrôle pratique permettrait de déterminer si le coulissement du chariot transversal est perpendiculaire à l'axe de la broche ?*

Exemples de vérifications effectuées pour le contrôle de tours à charioter et à fileter, H.d.P. < 1 000, suivant les normes Salmon. *

1. Ex. d'épreuves pratiques

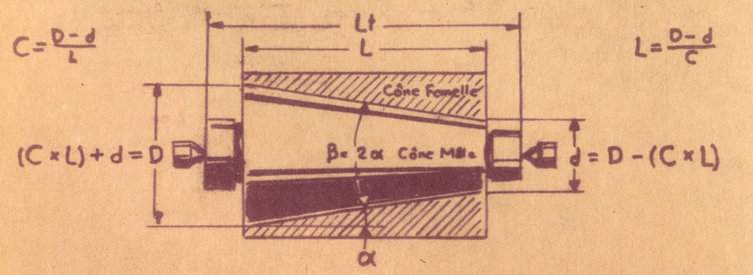
Schémas	Nature de l'épreuve et dimenssions de la pièce d'essai	Conditions d'exécution de l'épreuve	Vérification prévue	Appareils et modes opératoires recommandés.	Erreur en mm. tolérée.	Erreur en mm. constatée.
	Usinage de pièces cylindriques montées sur plateau D ≧ 1/4 H. de P. L = 1 H. de P.	Exécution, sur un cylindre, de deux portées d'une longueur max. de 20 millimètres	Les portées usinées sont rondes Les portées usinées sont cylindriques; le diamètre doit être max. du côté de la pointe vive	Palmer Palmer — —	H. d. P. 0,01 H. d. P. 0,02 sur 300. H. d. P. 0,02 sur 300. H. d. P. 0,02 sur 300.	≤ 400. > 400. ≤ 400. > 400.
	Usinage de pièces cylindriques montées entre pointes D = 1/8 L. L max. = 1 EP.	1°a)E.P. ≤ 3 mètr. Usinage sur un cylindre de trois portées d'une longueur maximum de 20 millimètres. Position des portées: une aussi près que possible de chacune des pointes, une au milieu b)E.P. > 3 mètres. Compléter l'épreuve précédente par la vérification géométrique n° 3	Les portées usinées sont cylindriques	Palmer	H. d. P. 0,03 pour < ≤ 1000. + 0,01. par mètre supplém. avec erreur max. de 0,06. H. d. P. 0,04 pour < ≤ 1000. + 0,01. par mètre supplém. avec erreur max. de 0,1.	≤ 400. > 400.

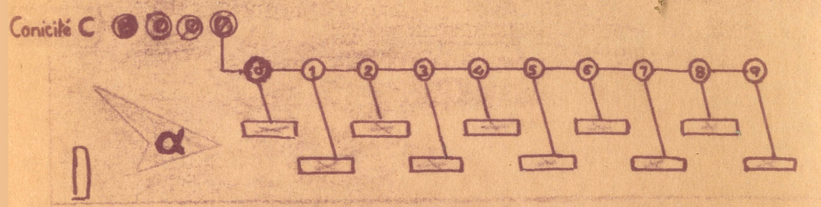
2. Ex. de vérifications géométriques

Schémas	Objet de la mesure.	Appareils de mesure recommandés.	Erreur en millimètres. Tolérée.	Erreur en millimètres. Constatée.
	**Contrôle de mise en place** Parallélisme des glissières du chariot à un plan vertical passant par la ligne des pointes	a) Amplificateur et mandrin E. P. ≤ 3 mètres b) Fil et lunettes ou procédés optiques. E. P. < 3 mètres	H. d. P. ≤ 400. 0,015 (pour 0 < E.P. ≤ 1 m.) + 0,005 par mètre supplémentaire avec maximum de 0,03 H. d. P. > 400 0,02 (pour 0 < E.P. ≤ 1 m.) + 0,005 par mètre supplémentaire avec maximum de 0,05	
	**Broche de poupée** Parallélisme de l'axe de la broche à la glissière longitudinale des chariots : a) dans le plan horizontal ; b) dans le plan vertical	Amplificateur et mandrin	H. d. P. ≤ 400. — 0,01 sur 300 + 0,02 sur 300 H. d. P. > 400 — 0,01 sur 300 + 0,02 sur 300	

* P. Salmon - Machines - outils, réception et vérification. Ed. Soc. de publications mécaniques - Paris.

TOURNAGE CONIQUE





EXEMPLES DE LECTURE DE L'ANGLE α

1° - Conicité C = 0,333
Faire apparaître 0,33 comme ci-contre ⓪, ③ ③ ○ et lire sous ③ la valeur α = 9° 27'

2° - Conicité C = 0,41666
Faire apparaître 0,41 comme ci-contre 0, 4 1 et lire sous 6 la valeur α = 11° 45'.
- Si la 3e décimale était arrondie à 7, on lirait α = 11° 47'. L'écart entre les deux angles étant de 2 minutes et 0,41666 étant très près de 0,4165, choisir α = 11° 46'.

INSTRUCTIONS

La valeur de l'angle α doit être connue pour les procédés de tournage conique suivants :

a) Outil de forme à arête tranchante inclinée suivant l'angle α par rapport à l'axe du tour.
b) Inclinaison du chariot porte-outil suivant l'angle α par rapport à l'axe du tour.
c) Inclinaison d'une règle-guide (rampe) suivant l'angle α par rapport à l'axe du tour.
- ✱ pour cônes longs et jugés à moyenne conicité.

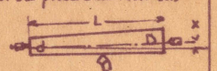
Comment rechercher la valeur de l'angle α :

- La conicité est connue : lire directement la valeur α, comme indiqué plus haut.
- Les cotes D, d et L sont connues : calculer la conicité ($C = \frac{D-d}{L}$), puis procéder comme ci-dessus.
- L'angle au sommet β est connu : angle $\alpha = \frac{\beta}{2}$

Tournage conique par déplacement de la contre-pointe.

Le tournage conique est parfois réalisé par le déplacement en AV ou en AR par rapport à l'axe du tour de la contre-pointe (poupée mobile). Ce procédé n'est à utiliser que pour l'usinage des pièces à faible conicité.
Le désaxage "x" de la contre-pointe se calcule avec les formules suivantes :

pour des pièces sans tourillons

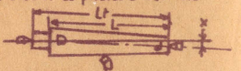


$x = \frac{D-d}{2}$

Connu : D = 60 mm, d = 50 mm

Solution : $x = \frac{D-d}{2} = \frac{60-50}{2} = 5$ mm

pour des pièces avec un ou plusieurs tourillons



$x = \frac{D-d}{2} \times \frac{Lt}{L}$

Connu : D = 60 mm, d = 50 mm
L = 400 mm et Lt = 460 mm

Solution $x = \frac{D-d}{2} \times \frac{Lt}{L} = \frac{60-50}{2} \times \frac{460}{400} = 5,75$ mm

Calcul de D, d ou L lorsque l'une de ces 3 valeurs n'est pas donnée.

Exemple : D = 80 mm, L = 120 mm, α = 15°, chercher d.
- Faire apparaître dans l'une des 10 fenêtres l'angle α = 15°
- Lire C : 0,536
- Calculer d = D - (C x L)
  = 80 - (0,536 x 120) = 15,68

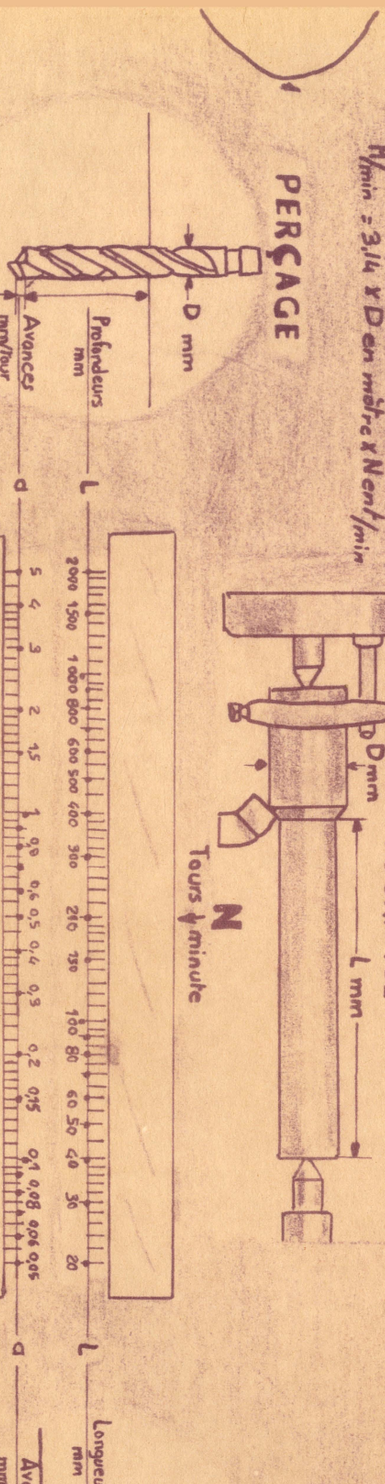
Remarques : La conicité s'exprime en fraction décimale ou en %

Exemple : écrire 0,333 ou 33,3 % et non 1/3
- La pente (à ne pas employer pour la cotation des pièces coniques) est égale à la moitié de la conicité

- Cônes normalisés :
  Conicités C = 1% 2% 5% 10% (15%) et 20% } (éviter autant que possible les valeurs
  Angles au sommet β = 30° (45°) 60° (75°) 90° et 120° } entre parenthèses)

Usinage
VITESSES DE COUPE - NOMBRES DE TOURS - TEMPS D'USINAGE

◆ OUTILS de TOUR - RAPIDE - CARBURE ◆



		Connu	A chercher	MODE D'EMPLOI								
A	1°	D,v	N	Faire coïncider les valeurs D et v (fenêtre supérieure)	–	Lire sous la flèche (fenêtre médiane) le résultat	N	1°	A
	2°	D,N	v	Mettre la valeur N sous la flèche (fenêtre médiane)	–	Lire en face de D (fenêtre supérieure)	v	2°	
	3°	N,v	D	–	–	–	D	3°	
B	4°	N,La	T	Faire coïncider les valeurs N et L (fenêtre médiane)	–	–	a (fenêtre inférieure)	T	4°	B
	5°	N,LT	a	–	–	–	T –	a	5°	
	6°	a,TL	N	Faire coïncider les valeurs a et T (fenêtre inférieure)	–	–	L (fenêtre médiane)	N	6°	
	7°	a,T,N	L	–	–	–	N –	L	7°	

Les opérations A et B peuvent être combinées en déplaçant la réglette deux fois

NOTA : Pour les vitesses de coupe supérieures à 300 m/mn, amener D sous $\frac{v}{10}$ et multiplier N par 10

2 3 4 5 6 8 10 15 20 30 40 50 60 80 100 150 200 300 400 500 600 800 1000 1500 2000 3000

VITESSES DE COUPE "v" en mètres/minute

A.F. = Outil en Acier Fondu
A.R. = - Acier Rapide
C.M. = - avec mise en Carbure Métallique

OPÉRATION		Acier 30-40 kg/mm² AF	AR	CM.	Acier 50-70 kg/mm² AF	AR	CM	Acier 80-90 kg/mm² AF	AR	CM.	Acier spéc. 140-180 kg/mm² AF	AR	CM	Fonte AF.	AR.	CM	Fonte malléable AF.	AR.	CM.	Acier moulé AF.	AR.	CM.	Laiton AF.	AR.	CM	Bronze AF.	AR.	CM.	Alliages légers AF.	AR.	CM.	OPÉRATION
TOUR	Ebauche	16-28	22-30	120-240	10-16	14-28	70-120	4-8	6-15	53-70	4-6	6-10	15-35	6-14	14-22	60-100	6-14	10-22	30-80	6-12	8-18	30-50	25-35	35-60	300-400	12-18	20-35	150-250	30-50	50-80	200-600	TOUR	Ebauche
	Finition	20-24	28-32	200-300	16-18	18-28	85-120	8-12	10-18	85-90	6-8	8-12	20-40	8-16	14-26	50-120	8-16	10-26	60-100	8-14	10-20	60-70	30-50	50-80	400-600	15-30	30-60	200-300	60-70	70-100	300-600		Finition
	Filetage	10-12	14-18	80-160	7-9	11-14	45-80	4-6	6-12	60-65	3-6	4-8	10-25	3-8	4-12	25-60	3-8	6-12	20-50	3-8	4-12	20-30	12-20	20-30	200-250	5-10	10-20	100-150	15-25	25-40	100-200		Filetage
Perçage		10-16	22-30	120-200	8-12	14-22	70-120	4-6	6-15	50-70	-	6-10	15-30	6-14	16-22	60-90	6-14	10-16	30-75	6-12	8-16	30-50	25-35	60-60	200-300	12-18	20-30	150-250	30-45	50-70	200-400	Perçage	
Alésage		4-6	10-15	-	3-5	8-12	-	2-4	6-10	-	-	4-6	-	4-6	6-12	-	3-5	6-12	-	3-5	6-12	-	8-12	20-30	-	6-8	8-12	-	10-26	25-40	-	Alésage	
Taraudage		3-6	10-15	-	2-3	5-10	-	-	4-5	-	-	3-4	-	3-5	5-10	-	3-5	5-10	-	3-5	6-8	-	8-12	12-25	-	3-5	5-10	-	10-16	15-30	-	Taraudage	
Fraisage (Ebauche)		10-12	18-20	150-200	6-8	12-16	60-100	-	6-10	50-70	-	6-8	25-35	6-12	8-16	50-80	6-12	8-16	40-60	4-12	8-16	40-60	12-20	15-25	200-250	10-15	12-20	150-200	15-25	25-40	200-300	Fraisage (Ebauche)	
(Finition)		14-16	22-24	200-250	8-10	16-20	100-150	-	10-14	70-100	-	6-10	35-50	8-16	10-18	70-100	8-14	10-18	50-80	8-14	10-18	50-80	15-25	20-30	250-300	12-20	15-25	200-250	20-35	30-50	300-400	(Finition)	

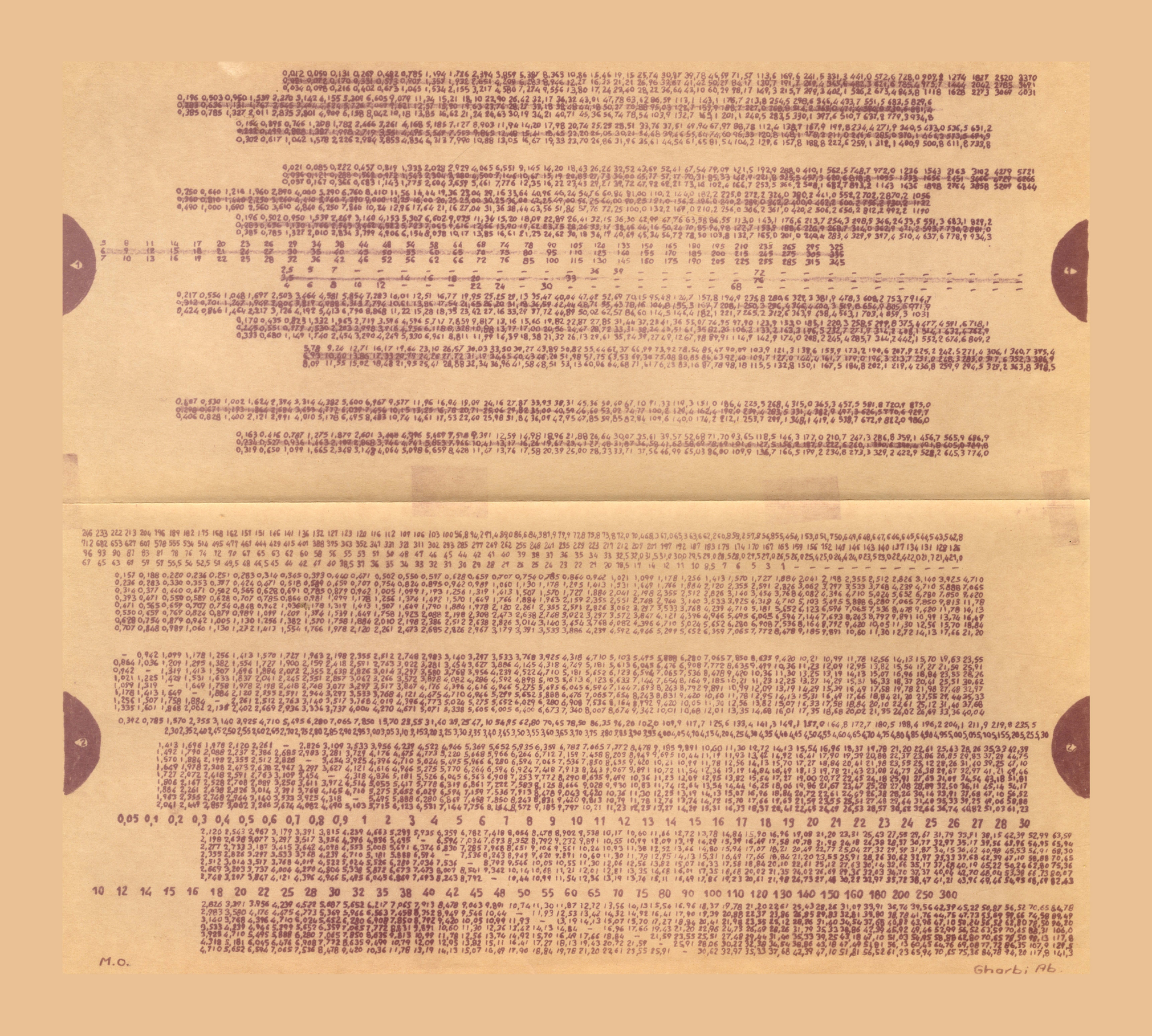
20000 15000 10000 7000 5000 4000 3000 2000 1500 1000 800 600 500 400 300 200 150 100 80 60 50 40 30 20 15 10 8 6 5 4 3 2 1,5 1 0,8 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2

ECHELLE DE CONVERSION (MINUTES EN HEURES)

0,0005 0,001 0,0015 0,002 0,003 0,005 0,007 0,01 0,015 0,02 0,03 0,04 0,05 0,06 0,08 0,1 0,15 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 1,5 2 3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 30

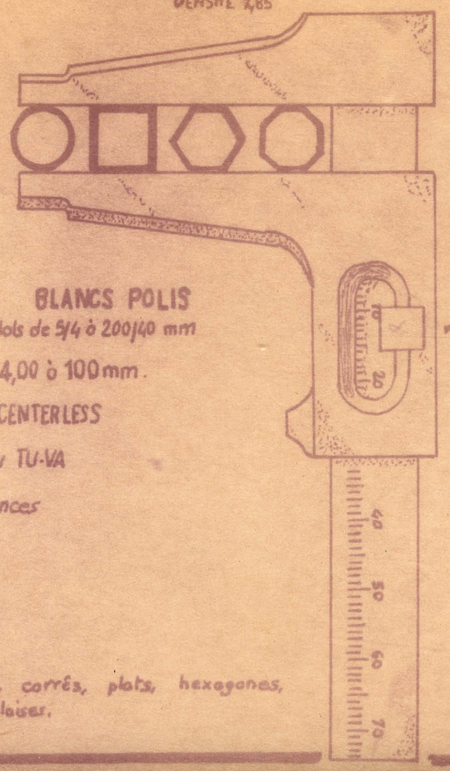
0,02 0,03 0,04 0,05 0,06 0,08 0,1 0,15 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1 1,5 2 3 4 5 6 8 10 15 20 30 40 50 60 80 100 150 200 300 400 500 600 800 1000 1500 2000

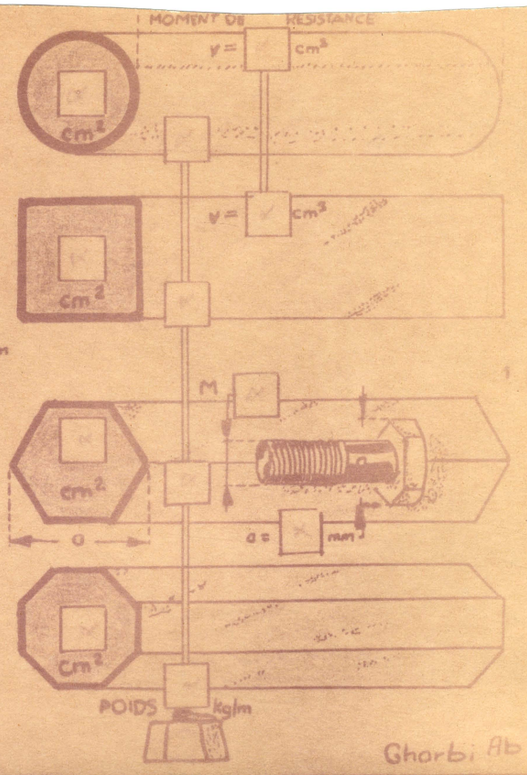
AVANCES "a" en mm/tour : 0,05 à 5 (variables selon l'opération, le matériau à usiner, l'outil et la puissance de la machine).



ACIERS CRUSTIN S. A.

ACIER DOUX
DENSITÉ 7,85





ACIERS ETIRES - COMPRIMES - CALIBRES - BLANCS POLIS
Ø de 2 à 155 mm - carré de 3 à 90 mm - hexagone de 4 à 90 mm - plats de 5/4 à 200/40 mm

ACIERS RECTIFIES A LA CENTERLESS toutes nuances Ø de 4,00 à 100 mm.

ACIERS DE DECOLLETAGE ETIRES ET RECTIFIES A LA CENTERLESS

ACIERS STUBS, non-alliés et alliés au CR-VA et au TU-VA

ACIERS POUR CALES ET CLAVETTES toutes tolérances

ACIERS A RESSORT "Corde à piano"

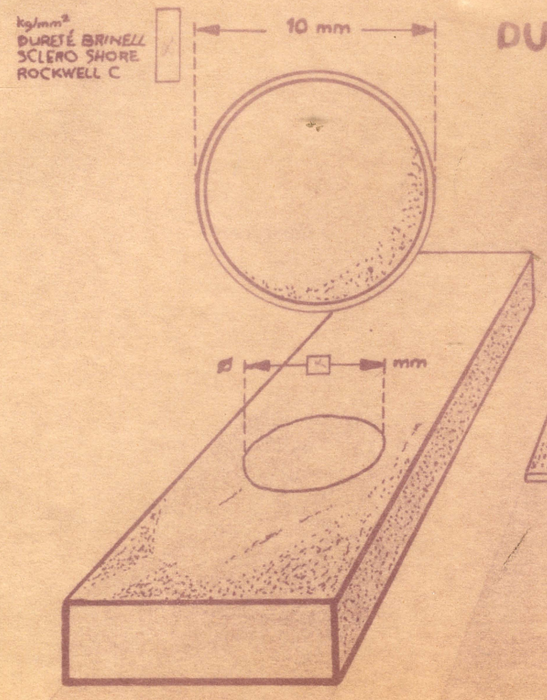
ACIERS TREMPES POLIS EN BANDES

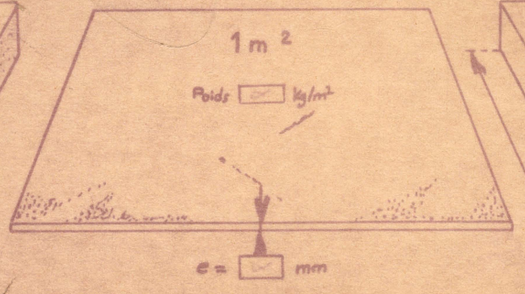
STOCK PERMANENT de plus de 2000 dimensions en ronds, carrés, plats, hexagones, tant en dimensions métriques qu'en dimensions anglaises.

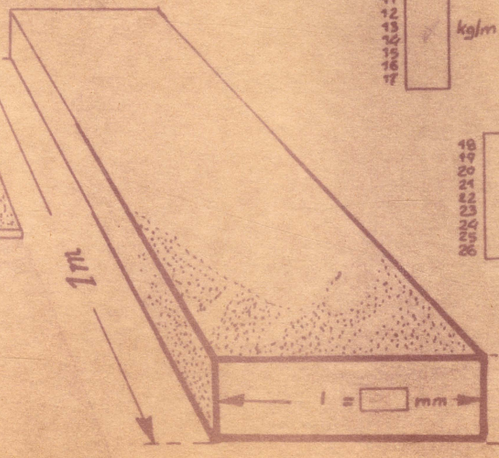
Ghorbi Ab

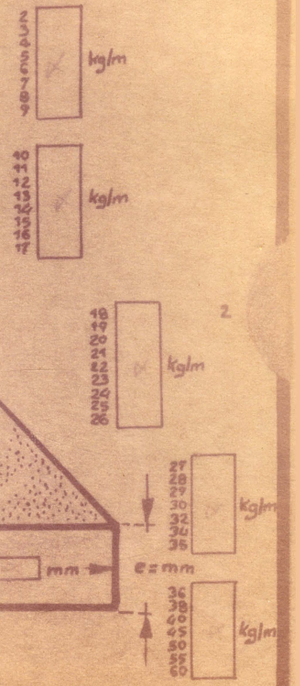
DURETÉS - TÔLES - FERS PLATS

DENSITÉ 7,85









ACIERS CRUSTIN S. A.